

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Tadashi KITAMURA et al. :
Serial No. NEW : **Attn: APPLICATION BRANCH**
Filed October 21, 2003 : Attorney Docket No. 2003_1511A

PATTERN INSPECTION APPARATUS AND
METHOD

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:


Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-307406, filed October 22, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Certified copies of Japanese priority Applications 11-239586 and 2000-078847 were filed in the parent application Serial No. 09/648,372.

Respectfully submitted,

Tadashi KITAMURA et al.

By 
Charles R. Watts
Registration No. 33,142
Attorney for Applicants

CRW/asd
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
October 21, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 2 日
Date of Application:

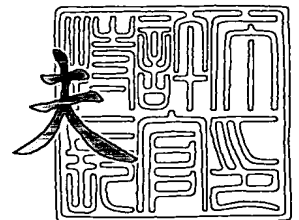
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 7 4 0 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 0 7 4 0 6]

出 願 人 株式会社ナノジオメトリ研究所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NG001P

【提出日】 平成14年10月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 01/00

G03F 07/00

H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 - 2 - 1 株式会社 ナノ
ジオメトリ研究所内

【氏名】 北村 正

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 - 2 - 1 株式会社 ナノ
ジオメトリ研究所内

【氏名】 久保田 和文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸 3 - 2 - 1 株式会社 ナノ
ジオメトリ研究所内

【氏名】 山本 昌宏

【特許出願人】

【識別番号】 301014904

【氏名又は名称】 株式会社 ナノジオメトリ研究所

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100118500

【弁理士】

【氏名又は名称】 廣澤 哲也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

対象の近接ダイの両方に同じ欠陥が発生しているため、両者を比較したのでは違いがわからないからである。

【0006】

そこで、計算コストなどで問題があり実用化には至っていないが、CADデータとウェーハ画像とのマッチング検査が提案されている。たとえば、NEC技報 Vol. 50 No. 6/1997の「電子ビームテストを用いたロジックLSIの自動故障箇所トレース法」がある。この文献では、配線エッジのX、Y軸へのプロジェクションを用いる方法、配線コーナーに着目した方法、遺伝的アルゴリズムを応用した方法が記述されている。また、この文献で採用した方法として、エッジを直線近似した後に閉領域を抽出し、この閉領域を使うマッチング方法が説明されている。しかし、これらいずれの方法も高速検査に使用可能な速度を実現できず、さらに、パターンの変形量を検出しながらマッチングすることができない。

【0007】

また現在では、欠陥を含む画像（欠陥画像）とこれに対応した近接ダイの画像（リファレンス画像）との比較による自動欠陥種分類（Auto Defect Classification：ADC）が使われている。しかしながら、リファレンス画像の輝度むらなどが認識精度に影響する。また、画像だけからはパターンの内部と外部の特定が不可能な場合がある。このような場合は、短絡と欠損の区別などが困難な場合が多い。また、欠陥がどのパターンを破壊しているかの情報が得られないので、パターンへの致命的欠陥とそうでない欠陥の分類ができない。

【0008】

ダイ・ツー・ダイ比較を用いた検査方法では、欠陥の位置について、検査装置のステージ精度及び光学系精度に起因する誤差をもっており、その誤差は配線パターン幅より10倍程度以上大きい。これが原因で、形成したいパターン（設計パターン）に欠陥位置を投影しても、パターンの欠陥位置を正確に特定することができない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

近年、集積回路のパターン幅は露光プロセスで使用する光源波長程度か、もしくはそれを下回るようになってきており、このようなパターン形成には、光近接効果補正（Optical Proximity Correction：OPC）パターンを付加する方法が採用されている。これは、設計データにOPCパターンを付加したものでマスクを形成し、これにより露光することで、製造されるウェーハ上の実パターンを設計データに近づける技術である。

【0010】

OPCパターンがウェーハのパターンに補正として有効に作用しているかどうかは、従来のダイ・ツー・ダイ比較では検査できない。したがって、その解決方法、たとえばウェーハのパターンと設計データとの比較検証を、許容パターン変形量を考慮して行える手法が求められている。

【0011】

また、例えばシステムオンチップ（SOC）で見られる多品種少量生産では、短納期が求められている。このような場合に、最終検査である電氣的検査でシステムティック欠陥を発見しても、短納期に对应されない場合がある。この対策として、露光プロセスの各段階で設計データとの差異をモニタする要求が発生している。そこで、電気特性に影響しないパターン変形を許容パターン変形量として設定しておき、許容パターン変形量以内の変形を考慮しながら設計データとウェーハのパターンの比較検証を行えるような検査方法が求められる。

【0012】

また現在では、パターン変形の評価として、リソシミュレータなどによりデザインチェックが行われている。このシミュレーションの正当性を検証するために、リソシミュレータが出力したパターン（シミュレーションパターン）と実パターンとの比較検討手段が必要とされている。

また、設計データに対するパターン変形量を求めることにより、回路設計上の技術を向上させることがますます重要になっている。

【0013】

ところで、現在、半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン線幅管理用に、CD-SEM（Critical Dimension Scanning Electron Microscope

）が用いられている。このCD-SEMは、ショットと呼ばれるステップの一転写単位ごとに、指定された位置にある直線パターンの線幅をラインプロファイルを使って自動的に測長するものである。この測長を、1ロットあたり数枚のウェーハにおける数ショットに対して数ヶ所実施し、ステップの転写機能が正常かどうか、nm単位で管理することができる。

【0014】

回路パターンの管理としては線幅以外にも、配線終端の縮み、孤立パターンの位置なども重要であるが、CD-SEMの自動測長機能は1次元対応で線幅など長さしか測定できない。したがって、これら2次元形状の測定は、CD-SEMや他の顕微鏡から得られた画像を操作者が目視することにより実施されている。

【0015】

光近接効果補正（OPC）は、直線パターンの線幅を確保するのはもとより、コーナーや孤立パターンの形状形成にも重要な役目を担っている。またさらに、動作周波数の向上により現在では、ゲート線幅に加えて、エンドキャップやフィールドエクステンションと呼ばれるゲート配線パターンの先端や付け根の形状管理も重要になってきている。

【0016】

このような2次元パターンの形状測定は、製造工程での抜き取り検査でも、試作段階でも重要であり、特に試作段階では、ウェーハ全面についてパターン形成の検査が必要とされる。

【0017】

しかし、上述のように2次元形状の管理は人的作業によっているのが現状で、正確性、生産性の面から自動化が求められている。

この要請に応じて、走査型電子顕微鏡を用い、電子線（荷電粒子線）のすべての走査方向を一定にして自動計測をする方法が実施されている。しかしながら、この方法では、線分の方角によって計測誤差が発生していた。そのために本発明は、基準パターンを活用して基準データをもとにして各種の計測条件を自動設定することができるパターン検査装置および方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は前記基準パターンに基づいて前記荷電粒子線の走査方向を設定することを特徴とする。

【0019】

本発明の好ましい態様は、請求項1に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、検査すべきパターンのすべてに対してより垂直になるように決定することを特徴とする。

また、本発明の好ましい態様は、請求項2に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、前記検査すべきパターンに対してより垂直になるように決定された方向に対して ± 90 度の走査方向であることを特徴とする。

また、本発明の好ましい態様は、請求項1に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、検査すべきパターンの最頻度の方向に対してより垂直になるように決定することを特徴とする。

また、本発明の好ましい態様は、請求項4に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、前記検査すべきパターンに対してより垂直になるように決定された方向に対して ± 90 度の走査方向であることを特徴とする。

【0020】

本発明の第2の態様は、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置であって、前記荷電粒子線のある領域に走査して六角形の画像を生成し、次に隣接した領域に走査して次の六角形の画像を生成し、順次これを繰り返し広い領域の1つの画像を得ることを特徴とする。

【0021】

本発明の第3の態様は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査する

パターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は、前記荷電粒子線の走査方向に対して垂直方向の振幅を持たせることにより、より広い領域を走査することを特徴とする。

【0022】

本発明の第4の態様は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は、検査すべきパターン部分のみを走査しパターンの変形量を求めることを特徴とする。

また、本発明の好ましい態様は、請求項8記載のパターン検査装置において、前記画像生成装置は、検査すべきパターン部分のみを走査サンプルのチャージアップによるプロファイルの変形を低減することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の好ましい実施形態について詳しく説明する。

図1は、本発明のパターン検査装置における画像生成装置の基本構成を示す概略図である。本発明のパターン検査装置における画像生成装置7は、照射系装置310と試料室320と2次電子検出器330とから構成されている。照射系装置310は、電子銃311と、電子銃311から放出された1次電子を集束する集束レンズ312と、電子線（荷電粒子線）を偏向するX偏向器313およびY偏向器314と、対物レンズ315とから構成されている。試料室320はXY

ステージ 321 を備えている。試料室 320 にはウェーハ搬送装置 340 によって試料であるウェーハ W が搬出入されるようになっている。照射系装置 310 においては、電子銃 311 から放出された 1 次電子は集束レンズ 312 で集束された後に、X 偏向器 313 および Y 偏向器 314 で偏向されつつ対物レンズ 315 により集束されて試料であるウェーハ W の表面に照射される。

【0024】

ウェーハ W に 1 次電子が照射されるとウェーハ W からは 2 次電子が放出され、2 次電子は 2 次電子検出器 330 により検出される。集束レンズ 312 および対物レンズ 315 はレンズ制御装置 316 に接続され、このレンズ制御装置 316 は制御コンピュータ 350 に接続されている。2 次電子検出器 330 は画像取得装置 317 に接続され、この画像取得装置 317 も同様に制御コンピュータ 350 に接続されている。前記 X 偏向器 313 および Y 偏向器 314 は、偏向制御装置 318 に接続され、この偏向制御装置 318 も同様に制御コンピュータ 350 に接続されている。XY ステージ 321 は、XY ステージ制御装置 322 に接続され、この XY ステージ制御装置 322 は制御コンピュータ 350 に接続されている。またウェーハ搬送装置 340 も同様に制御コンピュータ 350 に接続されている。制御コンピュータ 350 は、操作コンピュータ 360 に接続されている。

【0025】

図 2 は、図 1 で示す 2 次電子検出器 330 で検出した 2 次電子の強度をあらわす模式図である。図 2 は、1 本の電子線を X 方向に走査した場合の 2 次電子検出器 330 によって得られた 2 次電子の強度をあらわしており、パターン P のエッジ部がエッジ効果により強度が強く、パターン P の中心部の強度が弱くなっている。また、パターン P の左側と右側とでは対称ではなく、電子線の進入側のエッジ（図の左側のエッジ）が、反対側のエッジ（図の右側のエッジ）に比べて信号量が弱く観測される。

【0026】

図 3 は、図 2 に示すパターン P を 90 度回転させ、このパターン P のプロファイルを撮像した場合の模式図である。図 3 は、X 方向に複数の電子線を走査する

ことにより 2 次電子の強度を図示したものである。図 3 に示すように、走査方向と平行なエッジ部では図 2 に比べてエッジ効果を明瞭に得ることが難しい。

【0027】

図 4 は、本発明のパターン検査装置によりパターン検査を行う場合のスキャンエリアを示す模式図である。図 4 において、実線で書かれている部分は検査対象となるパターン P を示している。一点鎖線で書かれている正方形のブロックは、1 回のスキャンによって取得する領域の範囲（スキャンエリア）を示している。このブロックは、この例においては縦 3 つ横 3 つの計 9 つのブロック B 1 ～ B 9 から構成されている。また、点線で書かれている部分は観察エリア O A である。

【0028】

図 5 は、横方向（X 方向）のスキャンを行った場合の測定精度を説明するための図である。図 5 に示すように、横方向のスキャンをした場合、図 2 と同様に縦線についての測定精度は良好であるが、横線については良好な測定精度が得られない。

図 6 は、下から上方向に向かって縦方向（Y 方向）のスキャンを行った場合の測定精度を説明するための図である。図 6 に示すように、縦方向のスキャンをした場合、横線についての測定精度は良好であるが、縦線については良好な測定精度が得られない。

図 4 における縦横のパターンがある左下のブロック B 7 においては、縦線と横線の両方について良好な測定精度を得ようとする、図 5 に示す横方向のスキャンと図 6 に示す縦方向のスキャンの 2 回のスキャンを行わなければ良好な測定精度が得られない。その右隣に示す横線のためのブロック B 8 においては、図 6 に示す縦方向のスキャンのみを行えばよい。また、中段 1 番左に示す縦線のためのパターンブロック B 4 においては、図 5 に示す横方向のスキャンのみを行えばよい。このように、横方向、縦方向にそれぞれスキャンを行う、あるいは横方向および縦方向 2 回のスキャンを行うという方法で、スキャンを制御して所望の画像を得るようにしている。

【0029】

スキャン方向が 0 度（X 方向）の場合、パターンが X 方向（横方向）に延びて

いるパターンについてのエッジ検出精度が弱く、スキャン方向が90度（Y方向）の場合には、Y方向（縦方向）に延びているパターンのエッジ検出精度が弱い。従って、良好なエッジ検出精度を得るためには、スキャン方向は0度および90度の2方向のスキャンを行うことが必要である。検出すべき半導体（LSI）や液晶パネルのパターンの大部分は、横方向（X方向）に延びるパターンと縦方向（Y方向）に延びるパターンとで構成されているために、これらのパターンを精度良く検出するためにはX方向（0度）およびY方向（90度）の2方向のスキャンを行う必要がある。

【0030】

図7は、双方向のスキャンを行う場合の模式図である。図2乃至図6において、ビームとパターンが交差しないと、エッジ効果による輝度が得られないので計測精度が悪いことを説明したが、ビームの進入側のエッジ（図2の左側のエッジ）が、反対側のエッジ（図2の右側のエッジ）に比べて精度が出にくい。そこで、図7に示すように、スキャン方向を交互に逆転して画像を取得する。すなわち、0度と-180度の交互のスキャンを行って画像を取得する。スキャン左方向のデータでビームの進入側のエッジを計測し、スキャン右方向のデータで反対側のエッジを計測することにより、いずれのエッジにおいても良好な精度を得ることができる。

【0031】

本実施形態に係るパターン検査装置は、図1に示す画像生成装置により得られた検査対象パターン（例えば、図9に示すようなパターン）を、基準パターン（例えば、図8に示すようなパターン）と比較して検査する。

【0032】

図2乃至図7で説明したように、画像生成装置は、以下の3方式のいずれかによって検査対象パターンの画像を得る。

（スキャン1方式）0度、90度あるいは180度などの1方向のスキャン

（スキャン2方式）0度と-180度の交互のスキャン

（スキャン3方式）0度および90度の2方向のスキャンもしくは45度と-45度の2方向のスキャン

ここで、座標系は、X軸を右方向、Y方向を上方向に取り、検査すべきパターンの最頻度の方向を右方向（0度方向）にした座標系である。

次に、基準パターンと検査対象パターンとの比較をして、検査をする場合を説明する。

【0033】

図10は、本実施形態に係るパターン検査装置が行う検査処理の概要を示す図である。検査処理では、まず、検査対象パターンの画像から第1のエッジを検出する。

（スキャン1方式）1方向のスキャンと（スキャン2方式）交互のスキャンでは、1枚の画像からエッジを検出する。（スキャン3方式）2方向のスキャンでは、2枚の画像からエッジを検出し、そのエッジ情報を融合させる。0度および90度の2方向のスキャンの場合は、0度の画像から立ったエッジ（Y軸方向により平行なエッジ）のみを抽出し、90度の画像から寝たエッジ（X軸方向により平行なエッジ）のみを抽出し、両者を合成して、1画像から得られたエッジとして扱う。45度および-45度の2方向のスキャンの場合は、45度の画像から90度から180度と270度から360度の間のエッジのみを抽出し、-45度の画像から0度から90度と180度から270度の間のエッジのみを抽出し、両者を合成して、1画像から得られたエッジとして扱う。

次に、第1のエッジと第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン画像と基準パターンとのマッチングを行う。マッチングを行った結果、シフト量S1が求まるので、このシフト量S1を用いて第1の基準パターンをシフトする。そして、第1のエッジとシフトした第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン（実パターン）を検査する。この第1の検査では、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量S2が求まる。

【0034】

次に、検査対象パターン画像から第2のエッジを検出するため、対応する第2の基準パターンをシフト量S1+S2分シフトする。シフトした第2の基準パターンを用いて、検査対象パターン画像上でプロファイルを求め、第2のエッジを検

出する。

(スキャン1方式) 1方向のスキャンでは、プロファイルは同一の画像から求める。

(スキャン2方式) 0度、180度交互のスキャンでは右側のエッジ(180度から360度のエッジ)を得るプロファイルを0度の画像から、左側(0度から180度のエッジ)のエッジを得るプロファイルを180度の画像から求める。

(スキャン3方式) 2方向のスキャンでは、立ったエッジ(Y軸方向により平行なエッジ)を得るプロファイルを0度の画像から、寝たエッジ(X軸方向により平行なエッジ)を得るプロファイルを0度の画像から求める。45度および-45度の2方向のスキャンの場合は、90度から180度と270度から360度の間のエッジを得るプロファイルを45度の画像から、0度から90度と180度から270度の間のエッジを得るプロファイルを45度の画像から求める。

そして、第2のエッジとシフトした第2の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。この第2の検査においても、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量S3が求まる。

【0035】

図11は、本実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。本実施形態に係るパターン検査装置は、主制御部1、記憶装置2、入出力制御部3、入力装置4、表示装置5、印刷装置6および、図1に示す画像生成装置7を備える。

【0036】

主制御部1はCPU等により構成され、装置全体を統括的に制御する。主制御部1には記憶装置2が接続されている。記憶装置2は、ハードディスク、フレキシブルディスク、光ディスク等の形態をとることができる。また、主制御部1には、入出力制御部3を介して、キーボード、マウス等の入力装置4、入力データ、計算結果等を表示するディスプレイ等の表示装置5、および計算結果等を印刷するプリンタ等の印刷装置6が接続されている。

【0037】

主制御部1は、OS (Operating System)等の制御プログラム、パターン検査のためのプログラム、および所要データ等を格納するための内部メモリ（内部記憶装置）を有し、これらプログラム等によりパターン検査を実現している。これらのプログラムは、フロッピー（登録商標）ディスク、CD-ROM等に記憶しておき、実行前にメモリ、ハードディスク等に読み込ませて実行されるようにすることができる。

【0038】

図12は、本実施形態におけるパターン検査装置の機能ブロック図を示す図である。基準パターン生成部11、検査部12、出力部13および欠陥種認識部14はプログラムにより実現されている。基幹データベース21、レシピデータベース22および欠陥種参照データベース23は記憶装置2内に設けられている。

基幹データベース21を外部に設け、パターン検査装置がLANを経由して基幹データベース21にアクセスするようにしてもよい。

【0039】

（レシピ）検査の前に、まずレシピと称される検査パラメータの組を設定する。そのパラメータとしては、検査の対象である検査対象パターンの画像の画像取得時におけるピクセルとピクセルとの間の実パターン上での距離（ピクセル間隔）と、 512×512 や 1024×1024 などのピクセル数がある。これらの値から、一度に処理すべき画像の実パターン上での距離（画像サイズ）を把握することができる。また、エッジ検出のためのパラメータと、欠陥を認識するためのパラメータとを設定する。

【0040】

検査対象パターン画像と比較するデータとしては、設計データが使われる。この設計データとして、たとえばGDS形式のCADレイアウトデータに、レイアの融合やフラクチャリングを行ったものが使える。本実施形態では、この処理で得られた線分の束を、画像サイズにステージの誤差分およびパターンの最大平行移動量を加えた長さを一辺とする長方形エリアでクリッピングして基準パターンとし、レシピデータベース22に予め格納する。ステージ誤差分がパターンの最

大平行移動量に比べ無視し得る場合は、パターン変形の絶対座標値が計測できる。本実施形態では、ステージの誤差分およびパターンの最大平行移動量を考慮し、基準パターンを検査対象パターン画像よりも大きくとって処理しているが、代わりに検査対象パターン画像を基準パターンよりも大きくとって処理するようにしてもよい。

【0041】

基準パターンに対して、コーナーに丸みをつける処理を行ってもよい。図14に示すように、通常、設計データは、鋭角をもった多角形（図中点線）である一方、実際に形成される回路パターンはコーナーに丸み（図中実線）がつく。そこで、コーナー部分に円、楕円、直線、もしくは他の方法で記述した曲線を適用し、実際のパターンに近くなるように補正してもよい。

【0042】

基準パターンに設計データを使えば、実現したいパターンとの比較検査を行う欠陥検査になる。この場合は、許容パターン変形量として電気特性に影響しない許容量を設定する。この許容パターン変形量は、配線の属性ごとに設定でき、さらに、パターンの込み入っている場所とそうでない場合とで可変にすることも可能である。

【0043】

基準パターンにリソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線（図57の実線）を使えば、シミュレーションの正当性を検証しながらの欠陥検査が可能になる。リソシミュレータの出力データは、光学的にシミュレートして得られた光強度分布である。この分布から外形の曲線を得る。この場合の許容パターン変形量は、シミュレーションとして許される誤差を設定する。

【0044】

本実施形態においては、基準パターンに設計データを使っている。

図13は、本実施形態におけるレシピ登録処理の例を示すフローチャートである。まず、オペレータは、入力装置4を介して基準パターン生成部11に、設計データ検索用パラメータ（ここでは、検査対象サンプルの品種、およびプロセスを指定するパラメータ）、検査モード、画像取得パラメータ（検査領域、画像サ

イズ、ピクセル数、ウェーハを特定するためのスロット番号、および光学系の調整パラメータ)、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを入力する(ステップS202)。

【0045】

エッジ検出および検査のためのパラメータとしては、以下の情報を設定する。

(R1) 求めたいパターン変形量(R2) 許容パターン変形量の一侧の限界および+側の限界、ならびにエッジの許容方向差の限界(R3) 画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータ(R4) パターンの属性(コーナー、直線部分、端点、孤立パターン等)を自動的に認識するための抽出ルール(R5) プロファイル取得区間の長さ、プロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔、プロファイル取得区間内で輝度値を調べる間隔、およびプロファイルをとる方法(しきい値法を使うかなど)(R6) プロファイル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグ基準パターン生成部11は、設計データ検索用パラメータ(検査対象サンプルの品種、およびプロセス)をキーとして基幹データベース21を検索し、設計データを取り出す(ステップS204)。基幹データベース21は、検査対象パターン画像に対する設計データ(CADデータ)を格納したデータベースである。

【0046】

次に、基準パターン生成部11は、設計データに基づき基準パターンを生成する(ステップS206)。

検査対象パターン画像から検出されるエッジの位置に最も適したように設計データに対し、シュリンク処理(倍率を変える処理)、サイズ処理(線幅を変える処理)などを施す必要がある場合がある。また、第1のエッジ検出と第2のエッジ検出とでは一般的に検出するエッジの位置が異なるので、必要があれば、第1エッジ検出用、および第2エッジ検出用に基準パターンを2種類用意する。

【0047】

検査は、入力された検査領域を、画像サイズで分割して得られる検査単位領域ごとに行われるので、基準パターンもそれに合わせて生成する。検査には、逐次検査およびランダム検査がある。

【0048】

図15は、逐次検査を説明するための図である。検査領域は通常、長方形の和として決定される。すなわち検査領域は、ウェーハ全面を単位として設定されるのではなく、長方形で指定された複数の領域（図15のように上側の短い長方形と下側の長い長方形など）として設定されるので、その領域を高速検査するために、検査単位領域ごとの逐次走査を実施する。検査単位領域ごとに基準パターンを作成する。

【0049】

図16は、ランダム検査を説明するための図である。ランダム検査においては、ある領域を逐次に検査するのではなく、ピンポイントに検査する。図16では、検査単位領域301～304についてのみ検査を行う。

【0050】

図19に示すように、基準パターンに曲線が含まれる場合がある。曲線を含む基準パターンをエッジベクトルに変換するには、例えば、ピクセルの中心261に最も近い基準パターン上の点262での接線263をエッジベクトルにする方法がある。

【0051】

次に、基準パターン生成部11は、基準パターン、検査対象サンプルの品種、プロセス、および検査モード、画像取得パラメータ、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを、レシピデータベース22に登録する（ステップS208）。これらのデータは、検査用パラメータの組であるレシピと呼ばれ、品種、プロセス、および検査モードをキーにして管理される。

【0052】

（検査処理）図20は、本実施形態における検査処理の例を示すフローチャートである。まず、オペレータは、入力装置4を介して検査部12に、レシピ検索用パラメータ（ここでは、品種、プロセスおよび検査モード）を入力する（ステップS302）。

【0053】

検査部12は、レシピ検索用パラメータをキーとしてレシピデータベース22

を検索し、レシピを取り出す（ステップS304）。そして、検査対象パターン画像（光学画像、電子線画像、フォーカスイオンビーム画像、プローブ顕微鏡画像など）を取得するため、画像生成装置7に対して画像取得パラメータを指示し、スロット搬送、アライメント、および光学系の調整を指示する（ステップS306）。アライメントとは、CADデータが使用している座標系と実ウェーハ観察位置を管理する座標値との変換係数を求める機能をいう。これはCADナビゲーションで具現化されている。CADナビゲーションは、アライメントの後に、CADデータ上の観察したい座標値を実ウェーハの観察位置を管理する座標値に変換し、その位置へ撮像装置の視野を移動させて、その位置の画像を入手する方法で、よく知られているものである。

【0054】

画像生成装置7としては、図1に示す走査型電子顕微鏡が最も好ましいが、走査型フォーカスイオンビーム顕微鏡、走査型レーザー顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などの各種の走査型顕微鏡もしくは各種顕微鏡を使用することができる。

画像生成装置7は、検査単位領域ごとに、検査対象パターン画像（およびその中心位置）を検査部12に出力する（ステップS308）。

【0055】

（第1のエッジ検出）次に、検査部12は、検査対象パターン画像から第1のエッジ検出を行う（ステップS310）。エッジ検出としては、例えば次の2つの手法がある。

【0056】

（A）1つは、パターン内部と下地との間にコントラストがある場合に適した手法である。このような画像の多くは2値化処理でエッジを検出できるが、コントラストが比較的明瞭でない場合は明確にエッジを検出できない。このときにはたとえば、[文献1]：R.M.Haralick, “Digital step edges from ZERO crossing of second directional derivatives”, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-6, No.1, pp.58-68, 1984に開示の方法を応用するなどしてエッジを求めることができる。この方法によれば、エッジ部分の変曲点をピクセル単位の1/10程度の精度で得ることができる。

【0057】

(B) もう1つは、エッジのみが明るく、パターン内部と下地にコントラストがつかない場合に対処可能な手法で、たとえば[文献2]: “Cartan Steger. An unbiased detector of curvilinear structures”, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 20(2), February 1998に開示の方法によりエッジを求めるものである。この方法によれば、エッジ部分の峰をピクセル単位の $1/10$ 程度の精度で得ることができる。ただし、この手法ではエッジの方向は $0 \sim 180$ 度の値のみをもつ。すなわちパターンの内部を特定できない。

【0058】

パターン内部と下地との間にコントラストがある画像に微分フィルタ(例えば、Sobelフィルタやバンドパスフィルタ)をかけて得られたエッジ振幅画像を使って、上記の方法でエッジを求めてもよい。この場合はパターン内部の判別をつけられ、エッジの方向を特定できる。

【0059】

これらの方法はある程度大きな窓を使った処理であるので、ピクセル単位の $1/10$ 程度の精度が得られるだけでなく、エッジの方向も安定している。このことは、エッジを連結して直線近似をする必要が必ずしもないことを意味している。

【0060】

ステップS310のエッジ検出では、検査対象パターン画像からピクセル単位でエッジの振幅および方向を求める。振幅は、明確なエッジであるほど大きい値を取る。(A)のパターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、例えば上述の文献1の方法を用いて、画像の1次微分値の絶対値を振幅とし、画像の2次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。一方、(B)のエッジのみが明るい画像の場合には、例えば上述の文献2の方法を用いて、画像の2次微分値の符号反転値(絶対値)を振幅とし、画像の1次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。いずれの場合もエッジはサブピクセル精度で得られる。(A)の画像の場合は、 0 度から 360 度までの方向を定義できるが、(B)の画像の場合は、 0 度から 180 度までの方向のみ定義可能

である。これは (B) の画像では、パターン内部を局所情報から特定できないことが原因である。

【0061】

図 2 1 は (A) のパターン内部と下地との間にコントラストがある画像 (検査対象パターン画像) の例を示す図であり、図 2 2 は図 2 1 の画像から検出したエッジを示す図である。図 2 1 には、ピクセルごとにその輝度値が示されている。図 2 2 に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点 (サブピクセル精度)、方向 (0 ~ 360 度)、および振幅の情報が得られる。振幅は、上述のように、明確なエッジであるほど大きい値を取る。

【0062】

図 2 3 は (B) のエッジのみが明るい画像 (検査対象パターン画像) の例を示す図であり、図 2 4 は図 1 4 の 3 A の画像から検出したエッジを示す図である。図 2 3 においても、ピクセルごとにその輝度値が示されている。また、図 2 4 に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点 (サブピクセル精度)、方向 (0 ~ 180 度)、および振幅の情報が得られる。

【0063】

(マッチング) 次に、検査部 1 2 は、検査対象パターン画像のエッジを膨張させて、膨張エッジを求める (ステップ S 3 1 2)。本実施形態においては、電気特性的に許される許容パターン変形量分膨張させている。この段階では許容パターン変形量は正の整数である。この値は、(R2) 許容パターン変形量の一侧の限界および + 側の限界の絶対値の大きい方を整数化した値である。許容パターン変形量分膨張させることにより、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングすることができる。

【0064】

図 2 5 は 1 次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図であり、図 2 6 は図 2 5 のエッジを膨張させた例を示す図である。図 2 5 および図 2 6 では、説明を簡単にするために、1 次元で各ピクセルの持つエッジ振幅がスカラ値を持つ場合の例を示している。許容パターン変形量内の変形を同等に扱う場合は、許容パターン変形量の 2 倍の大きさの窓を持った最大値フィルタをかける。最大

値フィルタとは、対象となるピクセルの近傍である窓の中の各ピクセルが持つ値の最大値を求め、その値をフィルタ後のピクセルの値とするものである。図 26 では、図 25 のエッジを左右に 2 ピクセル分膨張させている。これは許容パターン変形量が 2 ピクセルの場合の例である。

【0065】

これに対して、基準パターンエッジが図 27 のようであったとする。図 26 および図 27 からマッチングの評価値（度合い）を求めると、現在の位置であっても、検査対象パターン画像が左右に 1 ピクセルまたは 2 ピクセルずれていたとしても、マッチングの評価値は同じになる。

【0066】

これを回避するには、図 28 に示すように、重み付けをして膨張すればよい。これは許容パターン変形量が小さければ小さいほどよいことを意味している。図 28 の膨張を実現するには、0.5、0.75、1.0、0.75、0.5 のスムージングフィルタを用いればよい。図 28 の場合、検査対象パターン画像が左右に 1 ピクセルでもずれると評価値が下がる。

【0067】

ここで、図 29 に示すように、基準パターンエッジが 2 ピクセル分広がったとする。図 28 および図 29 から評価値を求めると、現在の位置であっても、検査対象パターン画像が左右に 1 ピクセルずれていたとしても、同じ評価値となる。

【0068】

これを回避するには、図 30 に示すように重み付けをして膨張すればよい。図 30 の膨張を実現するには、0.5、0.9、1.0、0.9、0.5 のスムージングフィルタ（図 31）を用いればよい。スムージングフィルタの係数は実験的に求められるべきものである。

【0069】

以上のことから、図 30 に示すような膨張が望ましいが、処理速度やエッジの込み具合などの観点から図 26 や図 28 に示すような膨張を用いることもできる。

【0070】

図32は2次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図であり、図33および図34は図32のエッジを膨張させた例を示す図である。図32において、振幅値は、20のところ以外はすべて0である。図33は図26と同様の膨張を行った場合の結果を示し、図34は図30と同様の膨張を行った場合の結果を示す。

【0071】

図35は2次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの例を示す図であり、図36および図37は図35のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。図36は図26と同様の膨張を行った場合の結果を示し、図37は図30と同様の膨張を行った場合の結果を示す。膨張はx, y成分ごとに行っている。

【0072】

検査部12は、膨張エッジ（検査対象パターン画像のエッジを膨張させたエッジ）と基準パターンのエッジとを比較して、検査対象パターン画像と基準パターンとのピクセル単位でのマッチングを行う（ステップS314）。

【0073】

本実施形態においては、後で述べるように、サブピクセル精度でのマッチングを行うので、ここでは高速化を目的としてピクセル単位でのマッチングを行う。したがって、図38は図18をピクセル単位で表記したものである。

【0074】

本実施形態におけるマッチングでは、検査対象パターン画像に対して基準パターンをピクセル単位で上下左右にシフトして、評価値F0が最大になる位置をマッチング位置とする（図39）。本実施形態においては、以下のように、基準パターンのエッジが存在するピクセルにおける膨張エッジの振幅の総和を評価値F0としている。

【0075】

【数 1】

$$F_0(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y)| |R(x+xs, y+ys)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0076】

ここで、 $E(x, y)$ は、膨張エッジの振幅をその大きさとして持ち、膨張エッジの方向をその方向として持つエッジベクトルである。エッジの存在しない場所では $E(x, y)$ の大きさは0である。 $R(x+xs, y+ys)$ は、基準パターンのエッジ方向をその方向として持つエッジベクトルである。ただし、 $R(x+xs, y+ys)$ の大きさは、エッジの存在する場所で1であり、エッジの存在しない場所で0である。ここで、 (xs, ys) は基準パターンのエッジのシフト量S1である。

【0077】

F_0 の計算において $R(x, y)$ が0でないピクセルのみを記憶すれば、高速に計算が行え、記憶領域が少なくすむ。ピクセル振幅値総和を評価関数として残差逐次検定法（SSDA: Sequential Similarity Detection Algorithm）で使われている高速計算の打切りを用いれば計算がさらに高速化される。

【0078】

図40および図41は、図36と図38とを重ね合わせた図である。図40において、ピクセル254は、図36のピクセル251および図38のピクセル252に対応する。図41においては、図40の状態から検査対象パターン画像を右に1ピクセル、下に1ピクセルシフトさせて重ね合わせを行っている。したがって、ピクセル255は、図36のピクセル251および図38のピクセル253に対応する。評価値 F_0 を用いる場合には、エッジの存在するピクセルが重なり合う度合いが大きいほど、評価値が高くなる。評価値 F_0 を用いる場合には、図32～図34で示したような膨張処理を行えばよい。なお、評価値 F_0 は、(A)、(B)いずれの画像にも適応可能である。

【0079】

本実施形態においては、上記評価値F0を用いているが、他の評価値を用いることもできる。例えば、(A) パターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、以下の評価値Faを用いることが考えられる。

【0080】

【数2】

$$F_a(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} E(x, y) \cdot R(x + xs, y + ys)$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0081】

また、例えば、(B) エッジのみが明るい画像の場合には、以下の評価値Fbを用いることが考えられる。

【0082】

【数3】

$$F_b(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y) \cdot R(x + xs, y + ys)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0083】

評価値FaまたはFbを用いる場合には、図35～図37で示したような膨張処理を行えばよい。ただし、図36に示すような膨張を行う場合は、正の値の最大値および負の値の最大値の双方について膨張を行い、内積の計算でより大きな値をとるものを選択する。

【0084】

評価値F0と評価値FaおよびFbとを比較した場合、評価値F0はデータがスカラのため高速処理に向く。一方、評価値FaおよびFbは、例えば、図42に示すような場合に有効である。すなわち、評価値FaおよびFbを用いた場合には、基準パターン（図42(a)）の縦線部分のエッジベクトルと検査対象パターン画像（図42(b)）の横線部分のエッジベクトルとの内積をとると0に近くなるため、101の部分と102の部分とがうまくマッチングする。しかし、評価値F0を用いた場合には、方向は関係なく振幅のみで判断するため、101の部分と103の部分とがマッチングしてしまうおそれがある。

【0085】

次に、評価値FaとFbとを比較した場合、例えば、図43に示すように、配線111、113の間隔と下地112、114の間隔が同じ場合にFaを用いると、どちらがラインかの区別がつくのでFbより望ましい結果が得られる。

【0086】

本実施形態においては、検査対象パターン画像のエッジを膨張してマッチングを行っているが、代わりに基準パターンのエッジを膨張してマッチングを行うこともできる。

また、基準パターンのエッジの位置によって重み付けを変えて行うようにすることができる。これは以下の手順で行われる。

【0087】

図44において、(a)は基準パターンの例を示し、(b)は(a)の基準パターン（実線）および検査対象パターン画像（点線）の例を示す。図44(a)に示す基準パターンは周期的なパターンであるが、1ヶ所隙間がある。このような基準パターンと検査対象パターン画像とのマッチングを行う際に、図44(b)に示すように、両パターンがずれていても、隙間の部分以外は一致するので、マッチングの評価値は高くなってしまう。そこで、この隙間の部分の重み付けを大きくして、検査対象パターン画像の隙間と基準パターンの隙間とが一致しない場合にはマッチング評価値が大きく低下するようにすることが考えられる。

【0088】

重み付けの手順としては、まず自己相関法でパターンの周期を求める。次に、

もとのパターンと一周期ずらしたパターンを比較してもとのパターンにあって1周期ずらしたパターンにないものを求める。そして、求めたパターンをユニークパターンとして認識し、それ以外のパターンよりマッチングに寄与する度合い（重み付け）を強くする。寄与する度合いを表現するために基準パターンの振幅に経験値（1以上）を使う。この値は固定値もしくは、固定値÷全パターン中のユニークパターンの比率などが有効である。

【0089】

マッチングを行い、最大の評価値をとるシフト量 $S1 = (x_s, y_s)$ が求まったら、 $S1$ の分だけ基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

シフト量 $S1$ は検査結果として、表示装置 5 および印刷装置 6 に出力することができる。

【0090】

マッチングが終わった後、検査対象パターン画像の2値化を行う。2値化は、エッジ振幅について、レシピ内のエッジ検出パラメータの一つ（しきい値）で有無の判断を付けることにより行う。2値化の方法としては、基準パターンのエッジに相当するピクセル数 $\times p$ （通常 0.9 ~ 1.1 程度）が1になるように、検査対象パターン画像のエッジ画像を2値化する方法（ p タイル法）もある。（R3）のパラメータとして、上述のしきい値または p を設定すればよい。

【0091】

（第1の検査）次に、検査部 12 は、第1の検査を行う。具体的には、パターン変形量の計算、および欠陥検出を行う。

検査部 12 は、まず、検査対象パターン画像のエッジと基準パターンのエッジとの対応づけを行う（ステップ S318）。

エッジの位置は、サブピクセル精度で扱われる。したがって、エッジ間の距離もサブピクセル精度で得られる。方向については、たとえば右方向を0度として0 ~ 360度の値として決定される。

【0092】

基準パターンの各エッジピクセルについて、（R2）に相当する許容パターン変形

量の距離内にある検査対象パターン画像のエッジピクセルを探す。そして、検出されたエッジの中で基準パターンのエッジとの方向差が(R2)のエッジの許容方向差以下のものを、許容変形内のエッジとして対応づける。すなわち、本実施形態においては、マッチングを行った検査対象パターン画像のエッジと基準パターンのエッジとの距離、および両エッジの方向を考慮して対応づけを行っている。対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ は、パターン変形量を求めるのに用いることができる。

なお、対応づけの候補が複数存在する場合は、距離が小さく、方向差が小さい候補を優先して対応づける。

【0093】

図45は、検査対象パターン画像のエッジと基準パターンのエッジとの対応づけの例を示す図である。図45においては、方向を示すために、エッジを矢印で示している。図45の例では、基準パターンのエッジを含む各ピクセルにおいて、基準パターンのエッジの中心から、エッジ方向と垂直な方向に検査対象パターン画像のエッジを探していくことにより、対応づけを行っている。距離が許容パターン変形量内であり、かつ、方向の差がエッジの許容方向差以下である検査対象パターン画像のエッジが見つければ、両エッジを対応づける。図45においては、対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ が参考のため示されている。

【0094】

図46において、(a)は基準パターンのエッジの例を示し、(b)は(a)の基準パターンに対応する検査対象パターン画像のエッジの例を示す。図46を用いて、両エッジの対応づけの例を説明する。この例では、許容パターン変形量は1ピクセル分とする。また、エッジの許容方向差は60度とする。例えば、基準パターンのエッジ81に対応する検査対象パターン画像のエッジを探したところ、エッジ68がエッジ81の許容パターン変形量の距離内にあり、かつ、方向の差がエッジの許容方向差以下であることから、エッジ81に対応するエッジと認定される。基準パターンのエッジ84についても、対応する検査対象パターン画像のエッジとしてエッジ70が認定される。このとき、基準パターンのエッジ82について、エッジ61は許容パターン変形量の距離内にない。エッジ64は、許容パ

ターン変形量の距離内になく、方向差もエッジの許容方向差より大きい。エッジ 66 および 69 は、許容パターン変形量の距離内にはあるが、方向差がエッジの許容方向差より大きい。したがって、エッジ 82 に対応するエッジは見つからない。エッジ 83 についても同様に見つからない。

【0095】

なお、図 46 の例はパターンの内側か外側かを区別しない方法で、方向が 0 ～ 180 度の値のみをもつ場合であるが、パターン内外を区別する手法とすることも可能である。たとえば、エッジ方向はパターン内側を必ず右手におくように決定しておけば、図 46 (a) は図 47 のようになり、対応づけをより厳密に実行することができる。

【0096】

次に、検査部 12 は、欠陥検出を行う（ステップ S320）。欠陥が検出された場合には、欠陥情報（ここでは、欠陥位置、サイズ情報および画像）を欠陥種認識部 14 に出力する（ステップ S322、324）。

【0097】

欠陥種認識部 14 は、欠陥情報および欠陥種参照データベース 23 の情報に基づいて欠陥種を判定する（ステップ S326）。すなわち、与えられた画像から特徴量を求めて、欠陥種参照画像データベースに蓄積された画像の特徴量と照合し、欠陥種を判定する。欠陥種認識部 14 は、欠陥情報および欠陥種を出力部 13 を介して表示装置 5 および印刷装置 6 に出力する（ステップ S328）。ここで、欠陥種参照データベース 23 は、既を取得された画像を欠陥種ごとに登録したものである。

【0098】

欠陥領域を認識する手法としては、対応づけできなかった検査対象パターン画像のエッジから領域を認識し、これを欠陥領域として認識する手法（認識手法 A）が考えられる。これは、明確なエッジをもった欠陥検出に有効である。ただし、エッジの不明瞭な欠陥検出に対しては弱いので、このような場合には、対応づけられた検査対象パターン画像のエッジから領域を認識し、その領域におけるピクセル輝度値の分布が非一様である部分を欠陥領域として認識する手法（認識手

法B)が適している。すなわち、輝度値分布の異常から欠陥を認識するものである。

【0099】

認識手法Aでは、対応づけができなかった検査対象パターン画像のエッジ（例えば、図46(b)のエッジ61～67、69および75）のピクセルは、欠陥として認識される。検査部12は、これらのピクセルを膨張させ、ピクセルどうしを連結する。このようなビットマップ（2値化画像）を膨張させる処理としてモフォロジーと呼ばれる処理が知られている。次に、ラベリング処理で連結されたピクセルを固まり1領域としてそれぞれ認識する。ここで、ラベリング処理とは、4近傍もしくは8近傍で連結しているピクセルに同一の値を書き込み、連結ピクセル群を生成する方法である。連結していないピクセルには別の値を与えることで、連結ピクセル群を区別できる。この固まりの領域として分離できた単位で異物とし、その外形を認識する。外形から内側のピクセルをペイント処理で塗りつぶす。これらのピクセルを欠陥として、欠陥の重心、大きさを計算する。

ここで使用するエッジは（スキャン1方式）から（スキャン3方式）に応じて得られたエッジを使用する。

【0100】

認識手法Bでは、対応づけが行われた検査対象パターン画像のエッジを連結して領域とする。その内外領域でそれぞれ、境界（エッジ）を除いた部分をピクセルの固まりとして求める。そのピクセルの固まりの内外領域について、最初に得られた検査対象パターン画像からピクセル輝度値を求める。これらの値は欠陥が無ければ正規分布をなすことが期待できる。すなわち、品質管理的手法を応用して欠陥ピクセルを検出することが可能である。正常な場合は、内領域と外領域のそれぞれにおいて輝度の変動が少ないはずである。よって、検査対象パターン画像における上記領域のうち、輝度の分布が非一様である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識することができる。得られた欠陥ピクセルを固まりとして認識し、重心、大きさを計算する。

（スキャン1方式）1方向のスキャンと（スキャン2方式）交互のスキャンでは、1枚の画像に対して当該の処理を施して、欠陥領域として認識する。（スキ

ヤン 3 方式) 2 方向のスキャンでは、2 枚の画像に対して当該の処理を施し、得られた欠陥領域を重ね合わせた領域を欠陥領域として認識する。重ね合わせは通常 OR 処理を行うが、より欠陥検出を厳密にするために AND 処理を使用することもできる。

【0 1 0 1】

図 4 8 は、検査対象パターン画像の例を示す図である。破線 2 0 1 は検査対象パターン画像のエッジを示す。破線 2 0 1 の両サイドの実線 2 0 2、2 0 3 は、エッジを指定幅太らせた線分であり、実線 2 0 2、2 0 3 で囲まれた部分をエッジ領域と認識する。下地 2 0 4 とパターン内部 2 0 5 の輝度値は、おおよそ正規分布をなす。

【0 1 0 2】

図 4 9 に示すように、輝度値が $\pm 3 \sigma$ 程度を越した部分 D は異物である可能性が高い。D にはノイズも含まれるが、ノイズは領域内に比較的均一に存在する一方、異物は固まって存在する。D の輝度値を持つピクセルを 1、それ以外の輝度値を持つピクセルを 0 とした 2 値化マップを作成する。指定された大きさ (例えば 2×2 ピクセル) 以下の 1 を持ったピクセルの固まり (例えば、図 4 8 のピクセルの固まり 2 0 7) を消去する。メディアンフィルターやモフォロジーフィルターが利用できる。この大きさは検出したい異物の大きさを考慮した経験値である。残った 1 を持ったピクセルの固まり (例えば、図 4 8 のピクセルの固まり 2 0 6) を異物とみなす。

【0 1 0 3】

欠陥種認識部 1 4 は、以下のように欠陥種自動分類を行うことができる。すなわち、欠陥と認識されたピクセルの固まりの幾何学的特徴量を得る。これにより、まるい、細長いなど欠陥の形状的特徴を把握することができ、まるければ異物、細長ければスクラッチなどと判断をつけることができる。欠陥と認識されたピクセルをパターンの内側、外側、境界の 3 部分に区分する。これらの各部分ごとに、最初に得られた検査対象パターン画像のピクセル輝度値を使った特徴量を得る。ここで得られる特徴量により、たとえば幾何学的特徴量から異物と判断される場合に、その異物が金属片であるか有機物 (たとえば人間のあか) であるかな

どの判断をつけることができる。すなわち、異物が金属であれば反射が強いため明るく、有機物であれば暗いということで種類を判別することができる。また、パターンの内部にあって異物と認識されたピクセルの輝度の変動が大きい場合は、当該異物がパターンの上に存在している可能性が高いと判断され、逆に、輝度の変動が小さい場合は、当該異物がパターンの下に存在している可能性が高いと判断される。これは、従来のダイ・ツー・ダイ法では困難な処理である。これらの特徴量を使い、良く知られた分類法で欠陥種を判定する。その分類法としては、欠陥種参照画像データベースとの比較を k 最短距離法で行って判別する手法が有効である。

【0104】

このような欠陥種自動分類は、従来行われている光学方式、SEM方式のADC (Automatic Defect Classification) に準じた方法であるが、設計データを使う本発明の方法によれば、パターンの内部と外部の区別が明確につくので、各部分の特徴量が正確にとらえられ、分類精度が向上する。

【0105】

次に、検査部12は、対応づけを行った検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの関係からパターン変形量を求める(ステップS330)。パターン変形量は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について求める。そして、パターン変形量を出力部13を介して表示装置5および印刷装置6に出力する(ステップS332)。

【0106】

パターン変形量としては、画像全体から得られるパターン変形量と、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量とが考えられる。

画像全体から得られるパターン変形量としては、例えば、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量が考えられる。

【0107】

位置ずれ量は、対応づけられたエッジ間のベクトル $d(x, y)$ の平均値として求められる。これは $S1=(x_s, y_s)$ のサブピクセル精度でのシフト量(補正量) $S2$ となる。このシフト量 $S2$ に基づいてピクセル単位でのマッチングでシフトさ

せた基準パターンを補正量分シフトさせることにより、サブピクセル精度でのマッチングを行うことができる。

【0108】

x 方向の倍率変動量を求めるには、縦方向の基準パターンに関するベクトル $d(x, y)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似して回帰直線を求める。そして、回帰直線の勾配を x 方向の倍率変動量とする。y 方向の倍率変動量についても同様である。

【0109】

図 50 において、(a)は基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す。ベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x) = ax + b$ で近似すると、傾き a が倍率変動量に相当する。図 50 (a)の例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことがわかる。

【0110】

図 51 において、(a)は基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の別の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す。図 51 (a)の例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことに加えて、線（ライン）の幅が太っている。図 51 (a)において、基準パターンのライン（配線）121、122、123は、それぞれ検査対象パターン画像のパターンのライン124、125、126に対応する。

【0111】

x 方向の線幅の太り量は、例えば、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の平均値として求めることができる。ここで、 $\text{sign}(x, y_0)$ は、 (x, y_0) の位置がラインの左端であれば-1をとり、ラインの右端であれば1をとる。なお、線幅の太り量に関して、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の分散を求めれば、線幅のばらつき指標が得られる。

【0112】

次に、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量について説明する。パターンの属性としては、コーナー171、長い配線172、先端173、孤立パターン174などが考えられる（図52）。パターンの属性に関するパターン変形量としては、例えば、上述の位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量のほか、面積、周囲長、円形度、モーメント、曲率半径などの特徴量の変形量が考えられる。

【0113】

基準パターンにパターンの属性を自動的に付加することができる。ただし、属性の付加は手動によって行うこともできる。パターンの属性を付加（抽出）するためのルールは、(R4)としてレシピ作成時に設定する。

【0114】

図53は、先端の位置ずれ量を示す図である。先端の位置ずれ量は、図53(a)に示すように、基準パターンのエッジ164から、検査対象パターン画像のエッジ163までの距離（基準パターンのエッジに対し垂直方向）である。先端の位置ずれ量として、例えば、検査対象パターン画像のエッジ163において基準パターンのエッジ164に最も近い点と、基準パターンのエッジ164との距離を測定することができる。

【0115】

また、図53(b)に示すように、任意の幅をもった区間157について複数測定した距離の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差などを、先端の位置ずれ量としてもよい。

【0116】

図53では、先端の位置ずれ量について説明したが、長い配線、コーナー、属性と属性の結合部分などについても、同様に位置ずれ量を測定できる。また、例えばコーナーは、コーナーの成す角度の半分の角度もしくは指定した角度を持つ方向での位置ずれ量を測定することができる。

【0117】

図54は、孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。重心の位置ずれ

量は、（孤立パターンを構成する）基準パターンのエッジ 160 の重心 162 と、（孤立パターンを構成する）検査対象パターン画像のエッジ 159 の重心 161 との位置ずれ量である。

【0118】

また、図 54 において、孤立パターンの特徴量（面積、周囲長、円形度、モーメントなど）の変形量を測定することが考えられる。すなわち、基準パターンのエッジ 160 の特徴量と、検査対象パターン画像のエッジ 159 の特徴量との差異を測定することが考えられる。

【0119】

図 55 において、(a)は基準パターンのエッジのコーナーの例を示し、(b)は検査対象パターン画像のエッジのコーナーの例を示す。図 55 (a)に示す基準パターンのエッジ 166 のコーナーには丸みをつける処理がなされている。コーナーの曲率半径としては、例えば、コーナーの曲線を楕円もしくは円で最小自乗近似して得られた長径、短径もしくは半径を用いることができる。基準パターンのエッジ 166 のコーナーの曲率半径、および検査対象パターン画像のエッジ 165 のコーナーの曲率半径を求めることにより、コーナーの曲率半径の変形量を求めることができる。

【0120】

以上の検査は、一カ所ずつそれぞれ行うのではなく、1 撮像範囲内（視野内）の複数の箇所に対し同時（一度の撮像で）に適応することも可能である。

検査項目は、上述のレシピ項目の(R1)求めたいパターン変形量に従い選択される。

【0121】

パターンの属性の抽出ルール（上述の(R4)）は各種あるが、その例を図 52 に従い説明する。コーナーは、所定角度（90度や270度など）で接触する2線分の接点近傍として抽出される。長い配線は、線幅分の間隔離れていて、指定された長さ以上長さを持った並行した2線分として抽出される。先端は、線幅の長さをもつ線分で、その両端に所定長さ以上の他の線分が90度の角度をもって接している部分として抽出される。孤立パターンは、所定面積以下の閉図形として抽

出される。

【0122】

(第2のエッジ検出) 検査部12は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について、検査対象パターン画像から再度エッジを検出する(ステップS334)。

【0123】

検査対象パターン画像のエッジ検出は、検査対象パターン画像上に、第2の基準パターンに基づいてプロファイルを求めることにより行う。ここで、第2の基準パターンとしては、図60の点Qの位置をエッジと考えた場合の基準パターンを用いる。これに対し、第1の基準パターンとしては、例えば、上述の(B)エッジのみが明るい画像の場合、点Pの位置をエッジと考えた場合の基準パターンが用いられる。したがって、第2の基準パターンと第1の基準パターンは一般に異なる。

【0124】

検査対象パターン画像のエッジ検出を行う前に、上述のシフト量 $S1+S2$ の分だけ第2の基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

【0125】

プロファイルからエッジ位置を求めるには、しきい値法、直線近似法など各種開示されているが、本実施形態では、その中のしきい値法を用いて、CD-SEMで行っている線幅測長を2次元パターン(検査対象パターン画像)に応用している。ただし、しきい値法を、直線近似法など別の方法に置き換えても同様に処理が可能である。ここで、直線近似法とは、プロファイルを直線で近似し、交点を使ってエッジ位置を特定する方法である。

【0126】

エッジ検出には、2通りのやり方が考えられる。その1つは、プロファイルを取る方向および位置を、第2の基準パターンに対して予め設定する方法である。

本実施形態において、プロファイル取得区間を予め設定しておく場合には、上述のように、レシピ作成時に行う。この場合、上述のレシピ項目の(R6)プロファ

イル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグがオフとしてあり、プロファイル取得区間が、第2の基準パターンに対して予め設定されていることになる。

【0127】

プロファイルを取得する区間（プロファイル取得区間）は、(R5)のプロファイル取得区間の長さ、およびプロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔に基づいて、例えば、図56に示すように、第2の基準パターンを中点として、第2の基準パターンの垂直方向に設定される（図中二重線）。図56に示す第2の基準パターンは、すでに図14を用いて説明したように、コーナー部分に丸みをつける補正がなされている。また、上述の第2の基準パターンの代わりに、図57に示すように、リソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線（図中実線）を使用することも可能である。

【0128】

第2のエッジ検出処理としては、検査対象パターン画像における上述のプロファイル区間に対応する位置（区間）において、(R5)のプロファイル取得区間内で輝度値を調べる間隔に基づいて、プロファイルを作成する。その間隔は通常ピクセル間隔以下の任意の値とし、プロファイル区間の長さはパターンの変形許容量より長い任意の長さとする。プロファイルは、双一次補間、スプライン補間、フーリエ級数などの手法を用いて作成する。

【0129】

図58は図56の一部（Bの部分）を拡大した図であり、図59は図58の一部（Cの部分）を拡大した図である。図中の二重線がプロファイル取得区間であり、格子の交点はピクセルの位置、黒点は検査対象パターン画像の輝度値を調べる位置を示す。

【0130】

双一次補間法とは、図示のように $(0, 0)$ $(0, 1)$ $(1, 0)$ $(1, 1)$ で示されたピクセルの輝度値 $I(0, 0)$ 、 $I(0, 1)$ 、 $I(1, 0)$ 、 $I(1, 1)$ を使って、位置 (x, y) 、 $(0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1)$ にある点の輝度値 $I(x, y)$ を次の計算式で計算するものである。

【0131】

【数4】

$$I(x, y) = [I(0, 0)(1-x) + I(1, 0)x](1-y) + [I(0, 1)(1-x) + I(1, 1)x]y$$

【0132】

これにより得られたプロファイルから、しきい値法を適応して第2のエッジ位置を決定する。図60に示すように、得られたプロファイルの中の最大輝度値Vとその位置Pを求める。その最大輝度値Vに予め指定された係数kをかけた数値をしきい値Tとし、輝度値=しきい値Tの直線とプロファイル曲線との交点を求める。これらの交点で、点Pからパターンの外側方向にあり、最も点Pに近い交点Qを求める。すべてのプロファイルについて、この交点Qを求め、第2のエッジ位置とする。

【0133】

係数kは第2のエッジ位置を決定する役割を果たす。すなわち、ウェーハに形成された実際の配線の断面形状は台形状をなすので、そのエッジ位置の管理を台形の上辺で行うのか、下辺で行うのか、あるいは中間部で行うのか、係数kにより調整することができる。

【0134】

上述のエッジを求めたら、それらに基づいて曲線近似（多角形近似を含む）を行い、第2のエッジを求める。最も単純な方法は単に折れ線としてつなぐ方法であるが、最小自乗法を用いて滑らかにつなぐ方法として、例えば以下の方法を用いることができる。すなわち、図61(a)に示すような、T. Pavlidis and S. L. Horowitz: "Segmentation of plane curves", IEEE Trans. on Computers, vol. C-23, no.8 Aug., 1974で開示された分割融合法を用いることができる。これ以外にも、図61(b)に示すような最小自乗法と2次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似を用いることもできる。前者は、高速に処理できるが丸まった形状を多く含むものには柔軟性がない。一方、後者は、高速性を満たし且つ柔軟性をもつ特性がある。これら以外にも、フーリエ記述子による方法など各種の方法が開示されており、これらでも置き換え可能である。

以上のような曲線近似は、第1のエッジ検出を行った後にも行うようにすることができ。

【0135】

次に、これとは異なるもう1つのやり方として、プロファイル取得区間を可変にしてエッジ検出時に決定する方法がある。すなわち、図62(a)に示すように、検出された検査対象パターン画像の第1のエッジの垂直方向にプロファイル取得区間を設定する方法である。この方法によれば、図62(b)に示すように、検査対象パターン画像の第1のエッジ（実線）が第2の基準パターン（点線）からずれていたとしても、プロファイル取得区間を特定し、エッジを検出することができる。この方法は、上述の方法に比べ、パターンの変形に追従しやすい。プロファイル取得区間の設定後は、上述の方法と同様の処理を行う。

【0136】

第2のエッジ検出の結果は、表示装置5および印刷装置6に出力することができる。

検出された第2のエッジは、例えば図19を用いて説明した方法を用いて、ピクセルごとのエッジベクトルにすることができる。このエッジベクトルは第1の検査の前で得た2値化処理で得たエッジベクトルに相当する。

【0137】

（第2の検査）以上のような第2のエッジ検出の後、検査部12は、第2の検査を行う（ステップS336）。

この検査は、上述の第1の検査と同じ処理であり、欠陥検出を行い、パターン変形量を求める。ここで求められる画像全体に関する位置ずれ量（シフト量）S3は、上述のS2に対応する。ここで求めたS3に、上述のS1およびS2を加えたものが、第2の基準パターンと検査対象パターン画像のパターンとの間の全シフト量となる。

【0138】

検査結果は、出力部13を介して表示装置5および印刷装置6に出力される（ステップS338）。

以上の処理をすべての検査単位領域について行った場合には検査処理を終了し

、そうでない場合にはステップ S 3 0 8 に戻る（ステップ S 3 4 0）。

【0139】

（その他の検査）低倍画像の一部分を電磁的に高倍画像で観察できる機能をもった SEM の場合は、高倍画像では入りきらないパターンも測定可能である。すなわち、高倍画像で得たエッジ位置が低倍画像で得たエッジ位置に正確に変換できることを意味する。これと同じ関係を高精度ステージで実現してもよい。例えば、図 6 3 において、検査対象パターン画像のパターン 1 8 1 上の位置 1 8 2、1 8 3 を、それぞれ高倍画像 1 8 4、1 8 5 で求めた後、低倍画像 1 8 7 上の位置に変換して、検査対象パターン画像のパターン 1 8 1 の幅 1 8 6 を求めれば、低倍画像 1 8 7 のみで求めたときよりも、精度よく測長できる。

【0140】

（傾斜、倍率調整）以上の検査方法においては、パターン変形量の手法を利用して必要に応じ、検査前に、もしくは、検査中の適当な時点で、検査対象パターン画像の傾斜、倍率調整を行うことができる。すなわち、調整に適した部分の検査対象パターン画像と基準パターンを取得する。アフィン変換で、候補となり得る傾斜、倍率の変更を行ったいくつかの検査対象パターン画像を得る。得られた検査対象パターン画像と基準パターンとを比較して最もパターン変形量が小さい検査対象パターン画像を選ぶ。選んだ検査対象パターン画像に対する傾斜、倍率を補正量として登録する。検査対象パターン画像にアフィン変換をかけるのではなく、基準パターンにアフィン変換をかける方法にかえてもよい。

なお、アフィン変換とは a から f の係数を使った 1 次変換を意味する。

【0141】

【数 5】

$$X = ax + by + c$$

$$Y = dx + ey + f$$

【0142】

図 6 4 は、電子線のスキャン方向を 4 5 度および - 4 5 度の場合を示す模式図である。図 1 5 は、逐次検査を説明するための図でありスキャン方向が 0 度、9 0 度の場合を示している。このようなスキャン方向が 0 度、9 0 度の場合、ほ

ば確実に2回のスキャンを行う必要があったが、本方式においては、図64(a)において縦線と横線のためのパターンP1については図64(b)に示す45度もしくは図64(c)に示す-45度のスキャンを1回行うことによって縦線および横線の計測精度を確保することができる。しかしながら、図64(a)において45度の線P2があった場合、45度、-45度の2回のスキャンを行う必要があるが、この頻度は縦線・横線のためのパターンP1に比べて、1回のスキャンで済む場合が比較的多いことが想像される。

ここで、スキャン方向45度または-45度といった意味について説明する。図64(b)において、右下下がりのパターンについては45度方向のスキャンで精度が得られるが、右上上がりのパターンについては走査線方向と検出すべきパターンの方向が一致するので精度が得られない。そのような場合については、図64(c)に示す-45度にスキャンして得た画像を用いて、前述のスキャン方向0度、90度で述べたように2回のスキャン結果を見て、欠陥検出をする必要がある。しかしながら、この頻度はスキャン方向0度、90度に比べて少ないことが期待される。

【0143】

図65は、電子線のスキャン方向を18度とした場合を示す模式図である。図65(a)に示すパターンP1、P2は図64(a)に示すものと同一である。LSI等のパターンの多くは縦方向の線、横方向の線、もしくは45度右下がり、45度右上がりの方向がほぼ99%占められている。この全ての方向についてパターンの計測したいエッジ方向と走査線とをある角度で交叉させるために最適な走査線方向として、図65(b)に示すように18度のスキャン方向が考えられる。スキャン方向を18度とすることで、縦線・横線・斜め45度の線全てに対して、比較的計測精度を得られることが期待される。

なお、角度18度は、検査すべきパターンのすべてに対してより垂直になる方向なら他の角度でもかまわない。例えば、22.5度や、18度に45度を加えた63度、18度に90度を加えた108度などが使用できる。

【0144】

通常のCD-SEM等の走査型電子顕微鏡においては、横方向に走査線を取り

、正方形の画像を撮るのが一般的である。しかしながら、走査型電子顕微鏡の制御上、歪みなくスキャンできる領域は真円の領域である。従って、図 66 (a) に示すように丸い円 400 の内の四角のブロック 401 を使って走査することになる。この場合は、縦横左右方向にスキャンを使える領域ではあるが、スキャンをしない領域が発生しており、より広大な領域を一度にとるためには、少々無駄が発生している。このような場合、重ねながら広い領域をとると、図 66 (b) に示すように 9 個の四角形ブロック B1 ~ B9 を重ね合わせたようなスキャンエリアが発生する。一方、図 66 (c) の下側に示すように、1 回のスキャンによって取得する領域を四角形ブロックから六角形ブロック 402 にすることにより、より円に近い状態にすることができ、スキャンに使用される部分をより広くとることができる。スキャンの方法としては、図 66 (c) の左側に示すように六角形をきちんとスキャンする方法と、図 66 (c) の右側に示すように、長方形でスキャンを行い、右上・右下・左上・左下のそれぞれの三角形の部分を計測に使わないようにする方法の、二通りが考えられる。このような方式にすると、図 66 (d) に示すように、より広いエリアを少ない回数のスキャン（ブロック B1 ~ B7）で取得することが可能となる。

【0145】

図 67 は、基準パターンに基づいて電子線のスキャンの方法を決定するための方法を示す模式図である。

スキャン方向 0 度、90 度の説明と同様、基準パターンに従って 1 回スキャンをするか 2 回スキャンをするか等の条件を自動的に決定する必要がある。

電子線のスキャンの方法を自動的に決定するための方法としては、次の 3 つの方法が考えられる。

1 つ目は、ブロック (D) に示すように、走査エリアに検査すべきパターンがない場合、そのエリアのパターンをスキップする方法である。2 つ目は、パターンの線幅に応じて、スキャンの条件を決定する方法である。例えば、ブロック (A) のパターン P a とブロック (B) のパターン P b を比較すると、パターン P b の線幅は、パターン P a の線幅に対して 2 倍になっている。通常、スキャンはパターンの線幅分の変動量をとるので、この例においては、ブロック (A) にお

けるスキャンに対して、ブロック（B）におけるスキャンでは、2分の一の倍率で画像を取得することができる。3つ目は、基準パターンの分布の方向に合わせて、スキャンの方向の条件を決定する方法である。例えば、ブロック（A）については、パターンP_aは縦・横に分布しているので、45度のスキャンを1回行えばよいことが分かり、ブロック（C）については、パターンP_cは横と45度の2方向に分布しているので、2回のスキャンを行う必要があることが分かる。

【0146】

図68および図69は、電子線のスキャン経路を説明する模式図である。

通常のスキャンにおいてX偏向については、階段状に走査する。Y偏向については、ラインごとに階段状に走査する。しかしながら、このような従来の方法においては、走査線間の情報の取得が出来ないことにより、測定精度の低下が考えられる。図68に示すように、本発明においては、より走査線間の情報の取得ができるようにするために、Y偏向にサイン波のような振幅を持った信号を付加することによって走査線間のデータをとる方法を示している（図68の左下側部分参照）。ここで、図示のように4点のデータをサンプリングする（図68の右下側部分参照）。この場合、サインの一周期の間でY偏向について広がったデータが取得できる。この4点のデータを加算して一つの画素の情報としてコンピュータに転送するようになっている。

図68の上側部分に示すように、スキャンのサンプリング周波数に対して、4倍の周波数を持つ発振器410をカウンタ411に接続する。カウンタ411は、X偏向発生回路412とY偏向発生回路413に接続されている。このような構成によって、スキャンのサンプリング周波数に対して4倍の周波数のクロックに対して、X偏向については階段状の右上がりの波形を生成する。Y偏向についてはサイン波のように図示のような形の波形を発生させる。サンプリングは4倍の周期で4点を取得し、その4点のデータを加算して実際の画素に対応するサンプリングデータとして生成する。

【0147】

図69においては、Y偏向における図示の波形と、X偏向における波形を同様に4倍のクロックカウンタを用いて生成することによりジグザグ状のスキャン経

路を作ることを目的としている。

【0148】

図70は、垂直方向のスキャンに対してフィルターをかけた場合を説明する模式図である。Aは、横方向に近接する画素であり、検出器、アンプによるスムージング効果がある。一方、Bは、縦方向に近接しているが前述のスムージング効果がない。そこで縦方向にスムージングフィルタをかけて縦方向と横方向の画質の違いを低減する。図示では最も単純なフィルター係数を示しているが、横方向の周波数特性に合うように適宜選択されるものである。

【0149】

図71は、エッジのみスキャンする場合を示す模式図であり、図72は、エッジのみスキャンする場合のステップを示すフローチャートである。図71に示す例においては、副偏向発生回路450を設けている。

エッジのみのスキャンを実現する方法として前述の第2のエッジを検出するために使用するプロファイルに相当する区間をパターンエッジ検査区間、その中点を計測中央点として登録する。制御コンピュータ451が1つの検査区間に対する情報を取り込み、計測中央点の位置をX主偏向発生回路452とY主偏向発生回路453に送る。これにより、実際のビームの中心位置が移動する。次に、検査区間について、方向と送り幅を設定し、開始信号を与えて、発振器410に接続されたカウンタ411でX方向とY方向のスキャン波形を形成する。これに、X主偏向とY主偏向の位置を加算することにより、図71において中央部に示すようなスキャン波形がとられる。このスキャン波形について、図71において上右側に示すような7点のサンプリングを施すことによって、計測データを得ることが出来る。

計測データの取得順序付けは、図73(a)に示すように与えられた間引き率で測定点をとばしながら、全計測点を埋めるようにする順序付けや、図73(b)に示すように乱数などにより計測点をランダムにとる順序付けがある。この方法により、サンプルのチャージアップによるプロファイルの変形が低減できるので、絶縁物の計測に向いている。サンプルのチャージアップが無視しうる場合は、図形を一周するように順序付けしても良い。

【0150】

上記本発明の検査方法により得られるパターンの変形量、欠陥領域の位置、サイズ、欠陥種、加えてパターン変形量の統計量や画像などの情報を利用すれば、欠陥領域の回路への影響度の解析、前後工程での回路への影響度の解析、露光条件などの最適化パラメータの解析を可能にすることができる。

【0151】

本実施形態に係るパターン検査装置は、シフト量を出力する部分に注目すれば、パターンマッチングを行う装置とも考えられる。

【0152】

以上、本発明の一例を説明したが、他にも各種の変形が可能である。たとえば、荷電粒子線（電子線）を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置として走査型電子顕微鏡を用いたが、走査型フォークスイオンビーム顕微鏡、走査型レーザー顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などの各種の走査型顕微鏡に応用することができる。また、スキャン方向は0度、90度に限られず、例えば5度や95度など任意の微小角度を付加してもよい。また、取得済みの画像データを磁気光学ディスクや磁気テープなどの外部入力デバイスを介して、またはイーサネットなどのLANを経由した、オフライン入力処理式に変形することは容易である。また、本発明の方法でウェーハ中の代表的なダイを検査したのち、他のダイはダイ・ツー・ダイ比較により検査するような混成手法とすることも可能である。またさらに、画像生成法は他の方法でもよいし、設計データはCADに限らず他のものでもよい。本実施形態においては、検査結果等を表示装置5および印刷装置6に出力しているが、画像データベース、シミュレータ、記録媒体などに出力するようにしてもよいし、ネットワークを介して他のコンピュータに送信（出力）するようにしてもよい。

【0153】**【発明の効果】**

以上説明したように本発明によれば、以下の効果を奏することができる。

(1) 検査対象パターンの画像を得るために、最小限度の電子線（荷電粒子線）を走査すればよく、したがって最小の時間で検査対象パターンの画像を得ること

ができる。

(2) スキャン可能なエリアを最大限に活用して広範囲のブロックをできるだけ小さい数のブロックで実現し、更にスキャン方向に依存するエッジの検出精度の低下を基準パターンを使って最適な方法で取得することができる。

(3) ラスタースキャンが持っているデータの欠落部分を波形を変えること、もしくは2回スキャンをする方法、もしくはフィルターをかける方法等で、X方向とY方向の画質の僅差を極力低減することが出来る。

(4) サンプルのチャージアップによるプロファイルの変形が低減でき、パターンの変形量の精度を向上する効果がある。また、全体をラスタースキャンをしてデータを取得するのではなく、計測に最も重要であるエッジ部分のみのスキャンを行うことによって、高速に画像を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の検査装置の基本構成を示す概略図である。

【図2】

図1で示す2次電子検出器で検出した2次電子の強度をあらわす模式図である。

【図3】

図2に示すパターンを90度回転させ、このパターンのプロファイルを撮像した場合の模式図である。

【図4】

本発明のパターン検査装置によりパターン検査を行う場合のスキャンエリアを示す模式図である。

【図5】

横方向のスキャンを行った場合の測定精度を説明するための図である。

【図6】

下から上方向に向かって縦方向のスキャンを行った場合の測定精度を説明するための図である。

【図7】

双方向のスキャンを行う場合の模式図である。

【図 8】

設計データに基づく理論上のパターンの例を示す図である。

【図 9】

設計データに基づいて実際に製造されたパターンの例を示す図である。

【図 10】

本発明の実施形態に係るパターン検査装置が行う検査処理の概要を示す図である。

【図 11】

本発明の実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図 12】

本発明の実施形態におけるパターン検査装置の機能ブロック図を示す図である。

【図 13】

本発明の実施形態におけるレシピ登録処理の例を示すフローチャートである。

【図 14】

基準パターンの補正例を示す図である。

【図 15】

逐次検査を説明するための図である。

【図 16】

ランダム検査を説明するための図である。

【図 17】

基準パターンの例を示す図である。

【図 18】

図 17 1 の基準パターンをピクセルごとのエッジベクトルに変換した例を示す図である。

【図 19】

曲線を含む基準パターンをエッジベクトルに変換した例を示す図である。

【図 20】

本発明の実施形態における検査処理の例を示すフローチャートである。

【図 21】

パターン内部と下地にコントラストが付く画像（検査対象パターン画像）の例を示す図である。

【図 22】

図 21 の画像から検出したエッジを示す図である。

【図 23】

輪郭のみが明るい画像（検査対象パターン画像）の例を示す図である。

【図 24】

図 23 の画像から検出したエッジを示す図である。

【図 25】

1 次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図である。

【図 26】

図 25 のエッジを膨張させた例を示す図である。

【図 27】

1 次元の基準パターンのエッジの振幅の例を示す図である。

【図 28】

図 25 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図 29】

1 次元の基準パターンのエッジの振幅の別の例を示す図である。

【図 30】

図 25 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図 31】

スムージングフィルタの例を示す図である。

【図 32】

2 次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図である。

【図 33】

図 32 のエッジを膨張させた例を示す図である。

【図 3 4】

図 3 2 のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図 3 5】

2 次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの例を示す図である。

【図 3 6】

図 3 5 のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。

【図 3 7】

図 3 5 のエッジベクトルを膨張させた別の例を示す図である。

【図 3 8】

図 1 1 の基準パターンをピクセル単位のエッジベクトルで表した別の図である。

【図 3 9】

マッチングを説明するための図である。

【図 4 0】

図 3 6 と図 3 8 とを重ね合わせた図である。

【図 4 1】

図 3 6 と図 3 8 とを重ね合わせた図である。

【図 4 2】

(a) は基準パターンの例を示し、(b) は検査対象パターン画像の例を示す図である。

【図 4 3】

配線の間隔と下地の間隔とが同じ場合の例を示す図である。

【図 4 4】

(a) は基準パターンの例を示し、(b) は(a)の基準パターンと検査対象パターン画像との関係の例を示す図である。

【図 4 5】

マッチングを行った後の検査対象パターン画像のエッジおよび基準パターンのエッジの例を示す図である。

【図 4 6】

(a)は基準パターンのエッジの例を示し、(b)は検査対象パターン画像のエッジの例を示す図である。

【図 4 7】

方向情報の付与手法の他の例を示す図である。

【図 4 8】

検査対象パターン画像の例を示す図である。

【図 4 9】

輝度値に対する頻度の分布の例を示す図である。

【図 5 0】

(a)は基準パターンのエッジ、および検査対象パターン画像のエッジの例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

【図 5 1】

(a)は基準パターンのエッジ、および検査対象パターン画像のエッジの別の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ の x 成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

【図 5 2】

パターンの属性の例について示す図である。

【図 5 3】

先端の位置ずれ量を示す図である。

【図 5 4】

孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。

【図 5 5】

(a)は基準パターンのエッジのコーナーの例を示し、(b)は検査対象パターン画像のエッジのコーナーの例を示す図である。

【図 5 6】

プロフィール取得区間の例を示す図である。

【図 5 7】 リソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線を示す図である。

【図 5 8】

図 5 6 の一部（B の部分）を拡大した図である。

【図 5 9】

図 5 8 の一部（C の部分）を拡大した図である。

【図 6 0】

プロファイルの例を示す図である。

【図 6 1】

第 2 のエッジ位置（点）に基づいて曲線近似を行い、第 2 のエッジを求めた例を示す図である。

【図 6 2】

(a) はプロファイル取得区間の別の例を示し、(b) は検査対象パターン画像の第 1 のエッジと第 2 の基準パターンとの関係の例を示す図である。

【図 6 3】

高倍画像および低倍画像を用いて測長を行う例を示す図である。

【図 6 4】

電子線のスキャン方向を 45 度および -45 度とした場合を示す模式図である。

【図 6 5】

電子線のスキャン方向を 18 度とした場合を示す模式図である。

【図 6 6】

電子線のある領域に走査して所定の形状の画像を生成し、次に隣接した領域に走査して次の所定の形状の画像を生成し、順次これを繰り返し広い領域の 1 つの画像を得る方法を示す模式図である。

【図 6 7】

基準パターンに基づいて電子線のスキャンの方法を決定するための方法を示す模式図である。

【図 6 8】

電子線のスキャン経路を説明する模式図である。

【図 6 9】

電子線のスキャン経路を説明する模式図である。

【図 7 0】

垂直方向のスキャンに対してフィルターをかけた場合を説明する模式図である。

【図 7 1】

エッジのみスキャンする場合を示す模式図である。

【図 7 2】

エッジのみスキャンする場合のステップを示すフローチャートである。

【図 7 3】

エッジのみスキャンする場合の計測データの取得順序付けの方法を示す図である。

【符号の説明】

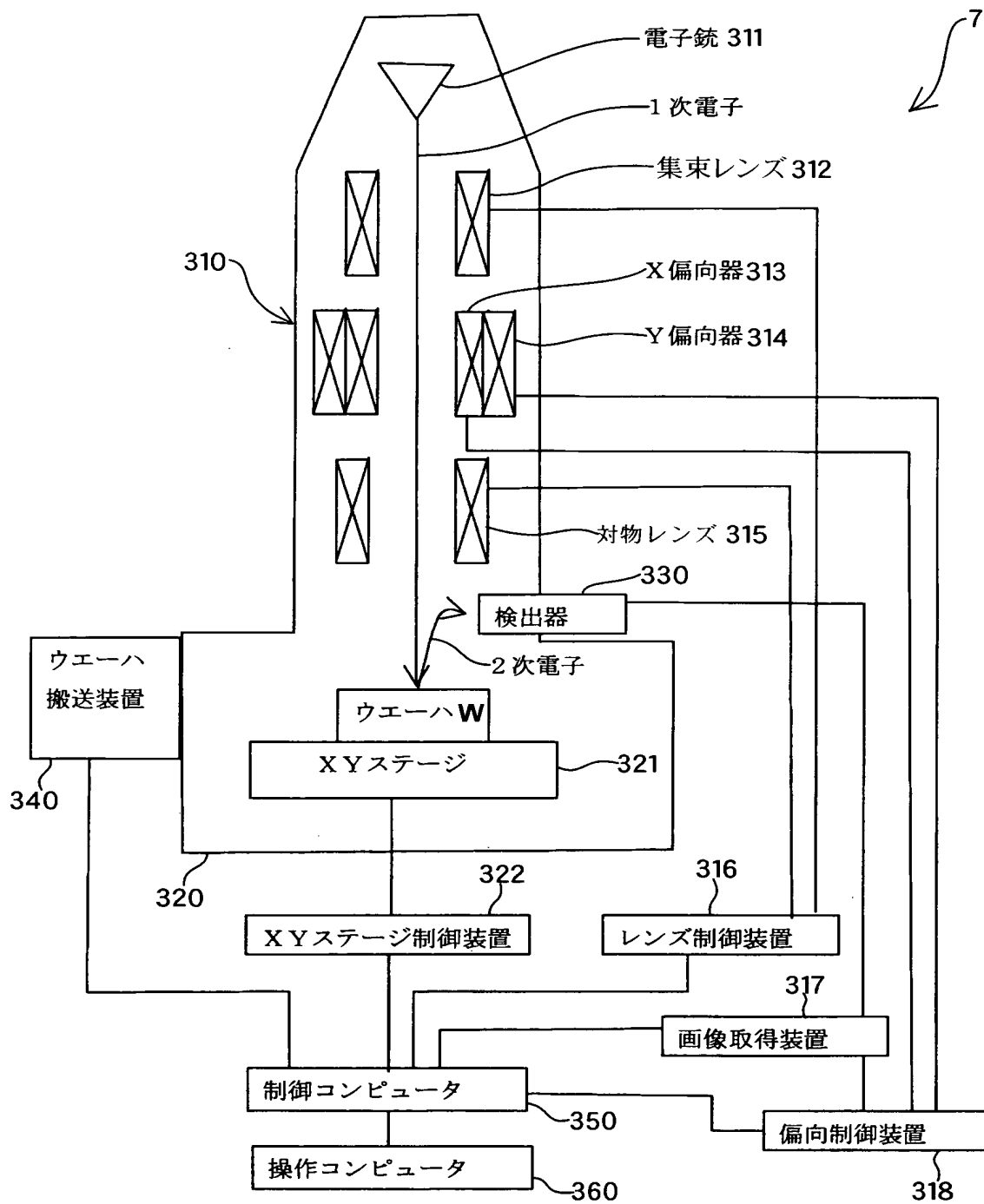
- 1 主制御部
- 2 記憶装置
- 3 入出力制御部
- 4 入力装置
- 5 表示装置
- 6 印刷装置
- 7 画像生成装置
- 11 基準パターン生成部
- 12 検査部
- 13 出力部
- 14 欠陥種認識部
- 21 基幹データベース
- 22 レシピデータベース
- 23 欠陥種参照データベース
- 61～70、75、81～84 エッジ
- 101～103 部分
- 111、113 配線

1 1 2、1 1 4、2 0 4 下地
1 2 1～1 2 6 ライン
1 5 1 検査対象パターン画像
1 5 2 基準パターン
1 5 7 区間
1 5 9、1 6 3、1 6 5 検査対象パターン画像のエッジ
1 6 0、1 6 4、1 6 6 基準パターンのエッジ
1 6 1 検査対象パターン画像のエッジの重心
1 6 2 基準パターンのエッジの重心
1 7 1 コーナー
1 7 2 長い配線
1 7 3 先端
1 7 4 孤立パターン
1 8 1 検査対象パターン画像のパターン
1 8 2、1 8 3 位置
1 8 4、1 8 5 高倍画像
1 8 6 検査対象パターン画像のパターンの幅
1 8 7 低倍画像
2 0 1 破線
2 0 2、2 0 3 実線
2 0 5 パターン内部
2 0 6、2 0 7 ピクセルの固まり
2 5 1～2 5 5 ピクセル
2 6 1 ピクセルの中心
2 6 2 ピクセルの中心に最も近い基準パターン上の点
2 6 3 接線
3 0 1～3 0 4 検査単位領域
3 1 0 照射系装置
3 1 1 電子銃

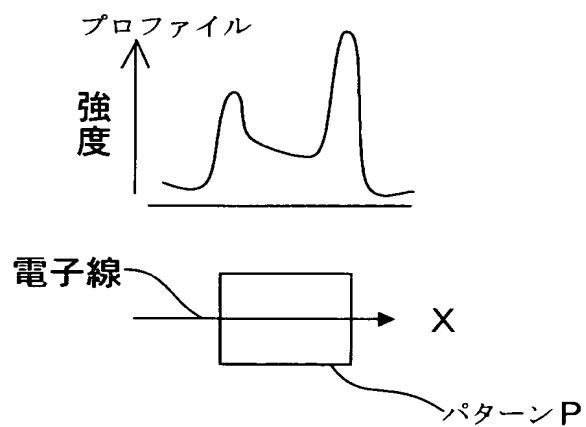
- 3 1 2 集束レンズ
- 3 1 3 X偏向器
- 3 1 4 Y偏向器
- 3 1 5 対物レンズ
- 3 1 6 レンズ制御装置
- 3 1 7 画像取得装置
- 3 1 8 偏向制御装置
- 3 2 0 試料室
- 3 2 1 X Y ステージ
- 3 2 2 X Y ステージ制御装置
- 3 3 0 2 次電子検出器
- 3 4 0 ウエーハ搬送装置
- 3 5 0 制御コンピュータ
- 3 6 0 操作コンピュータ

【書類名】 図面

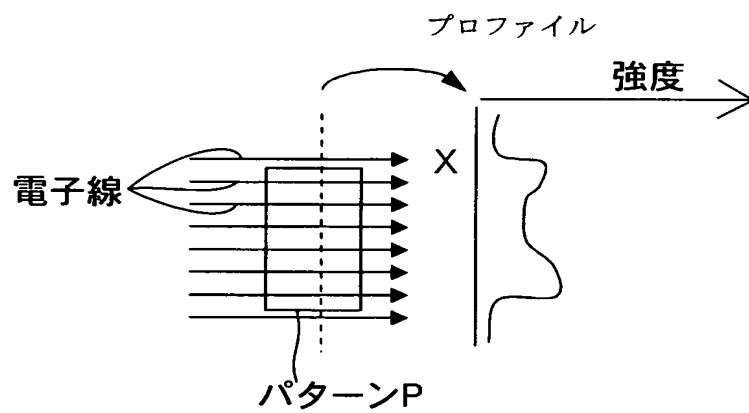
【図 1】



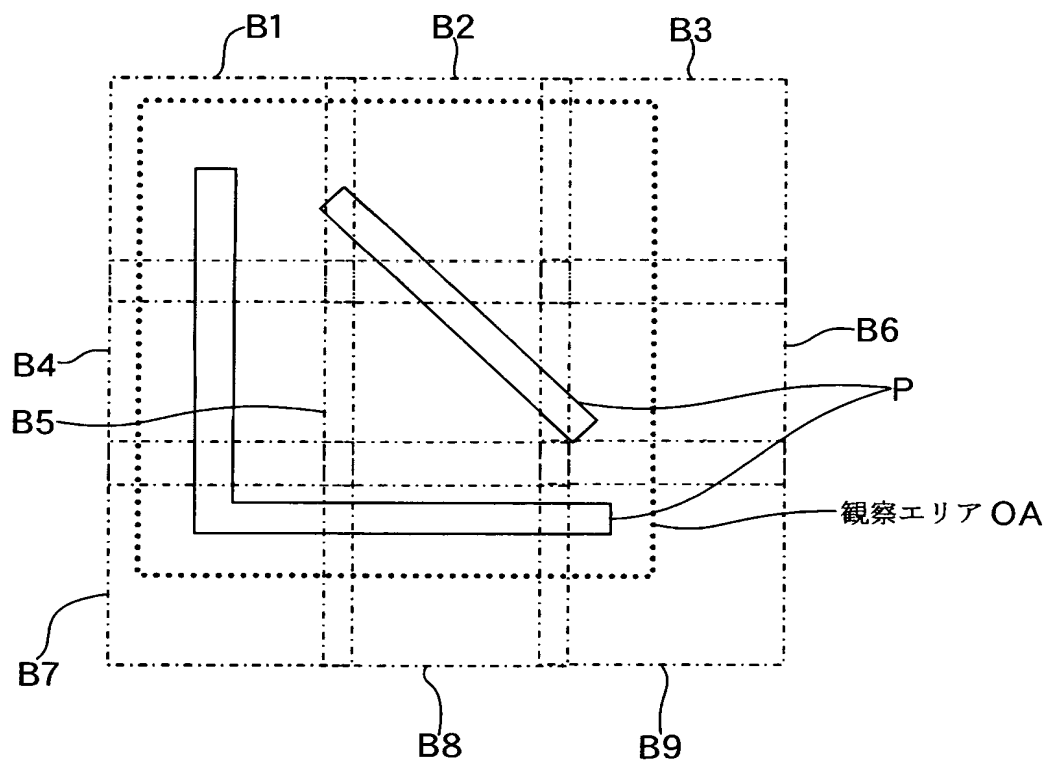
【図 2】



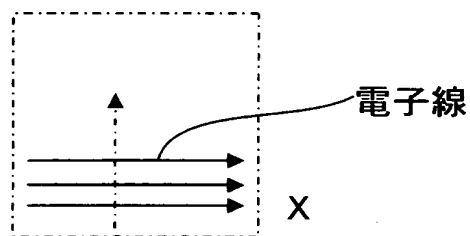
【図 3】



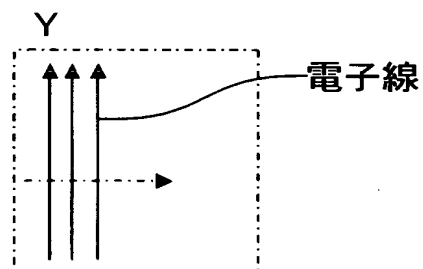
【図 4】



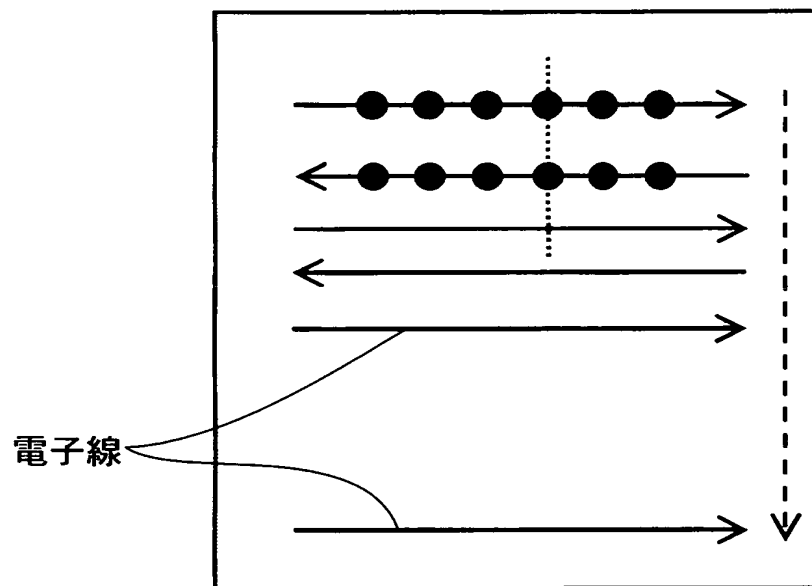
【図 5】



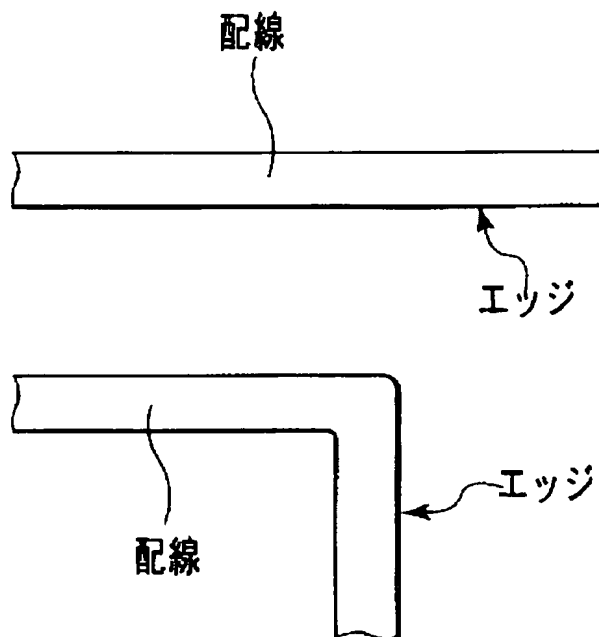
【図 6】



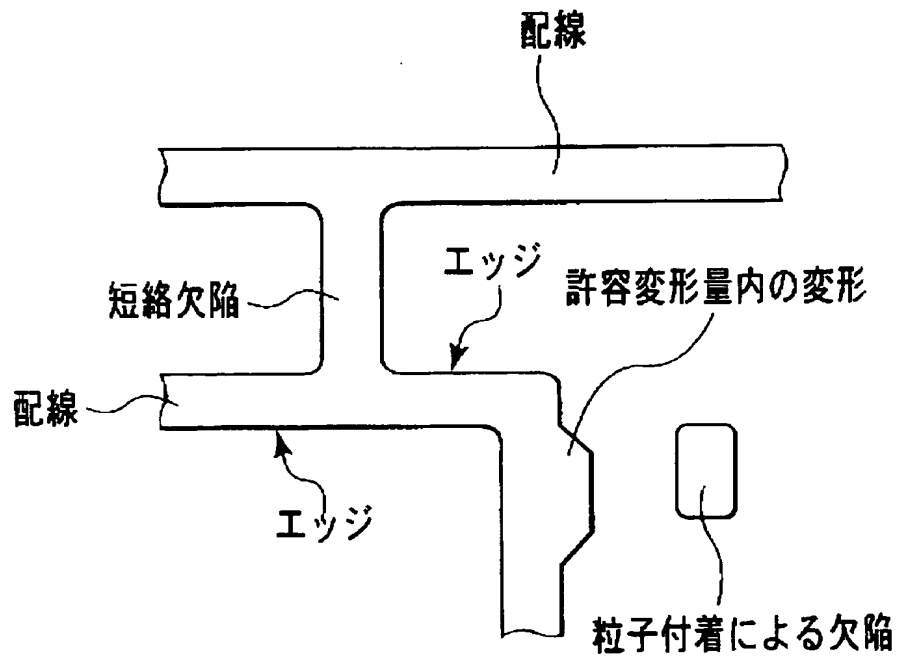
【図 7】



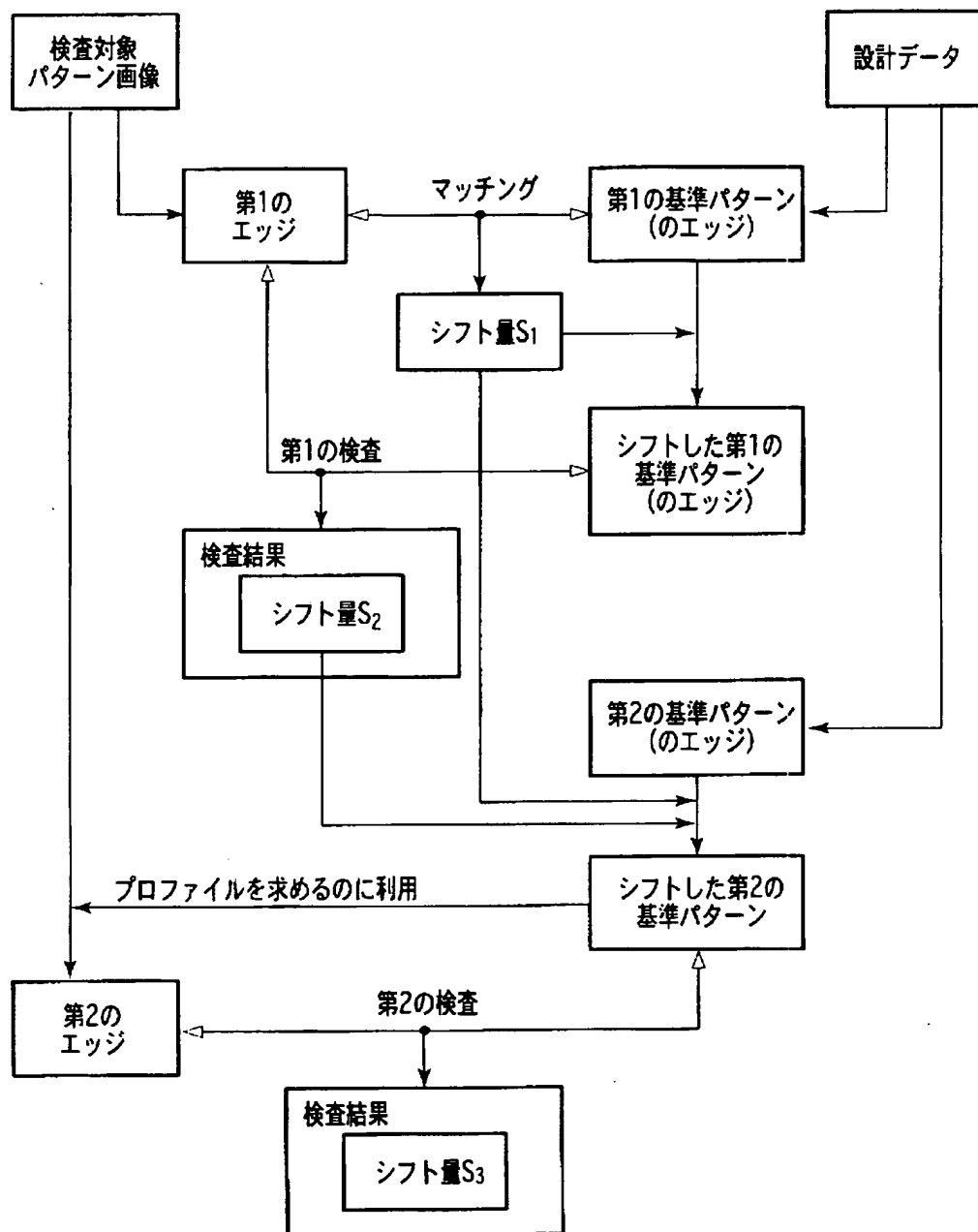
【図 8】



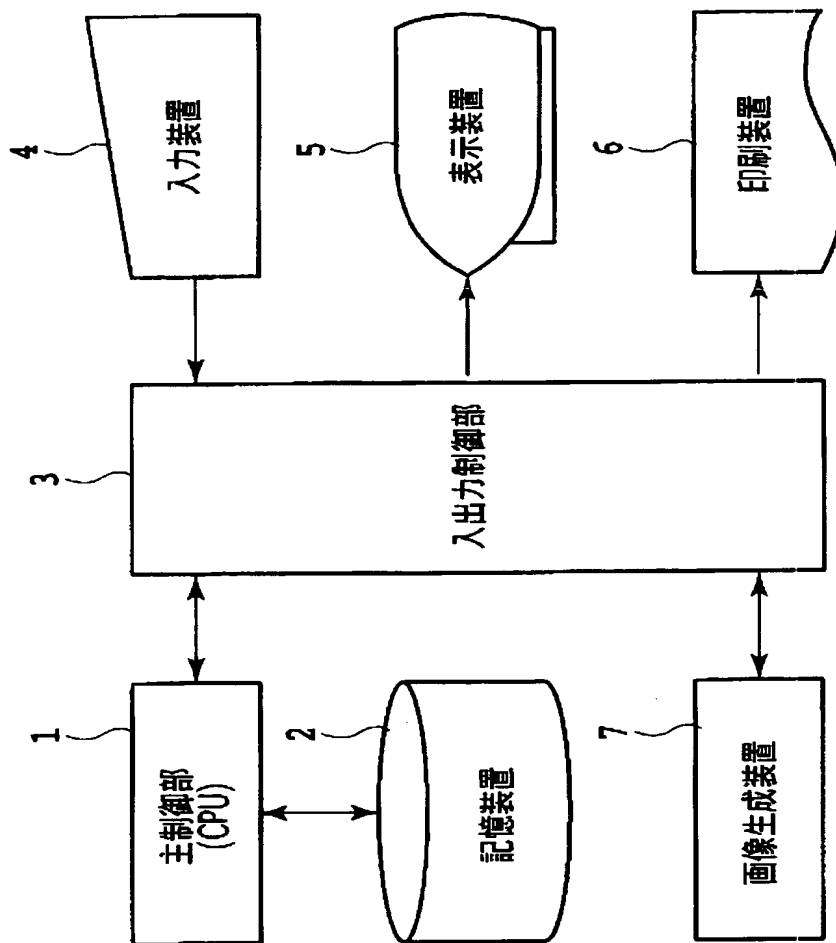
【図 9】



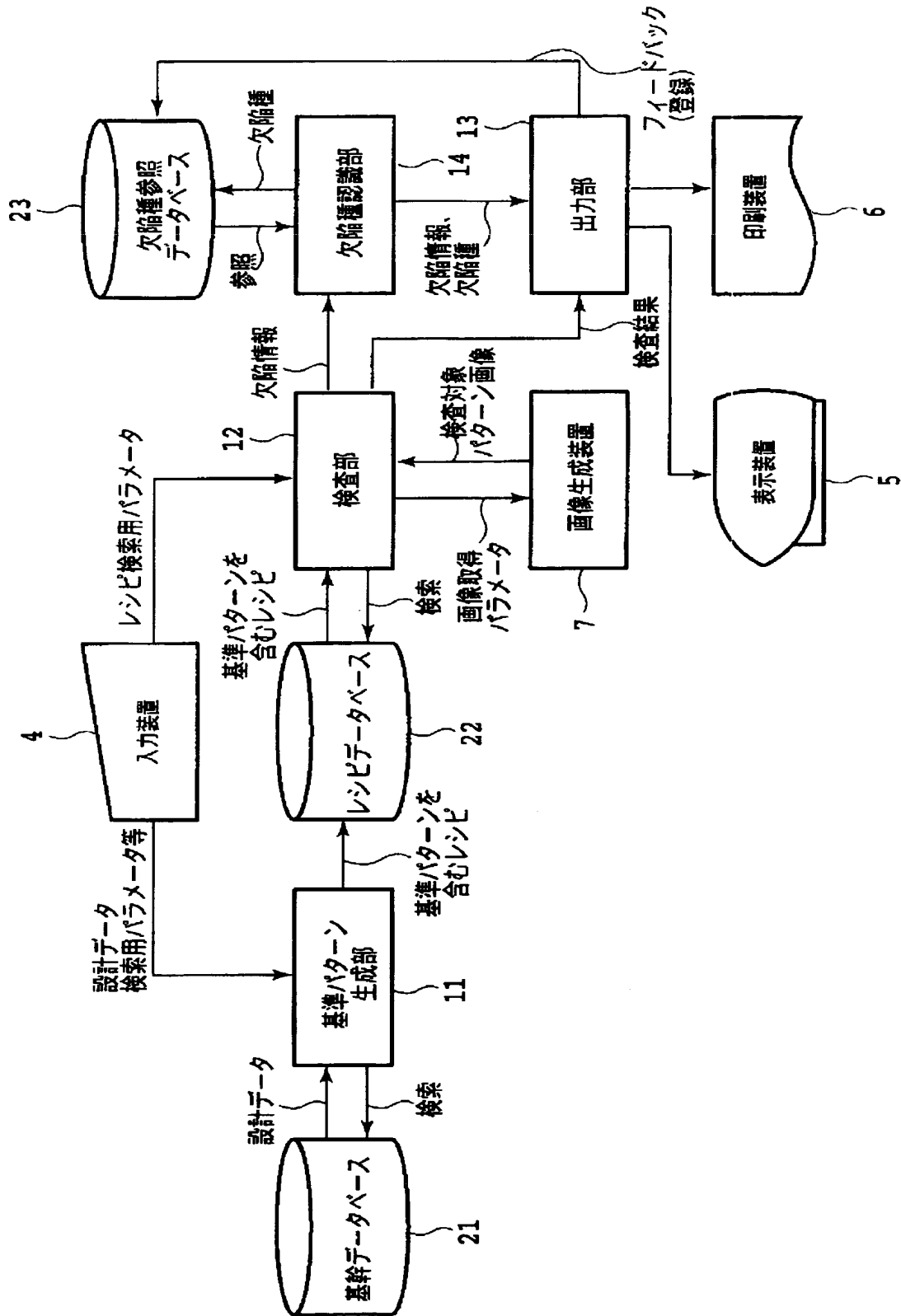
【図 10】



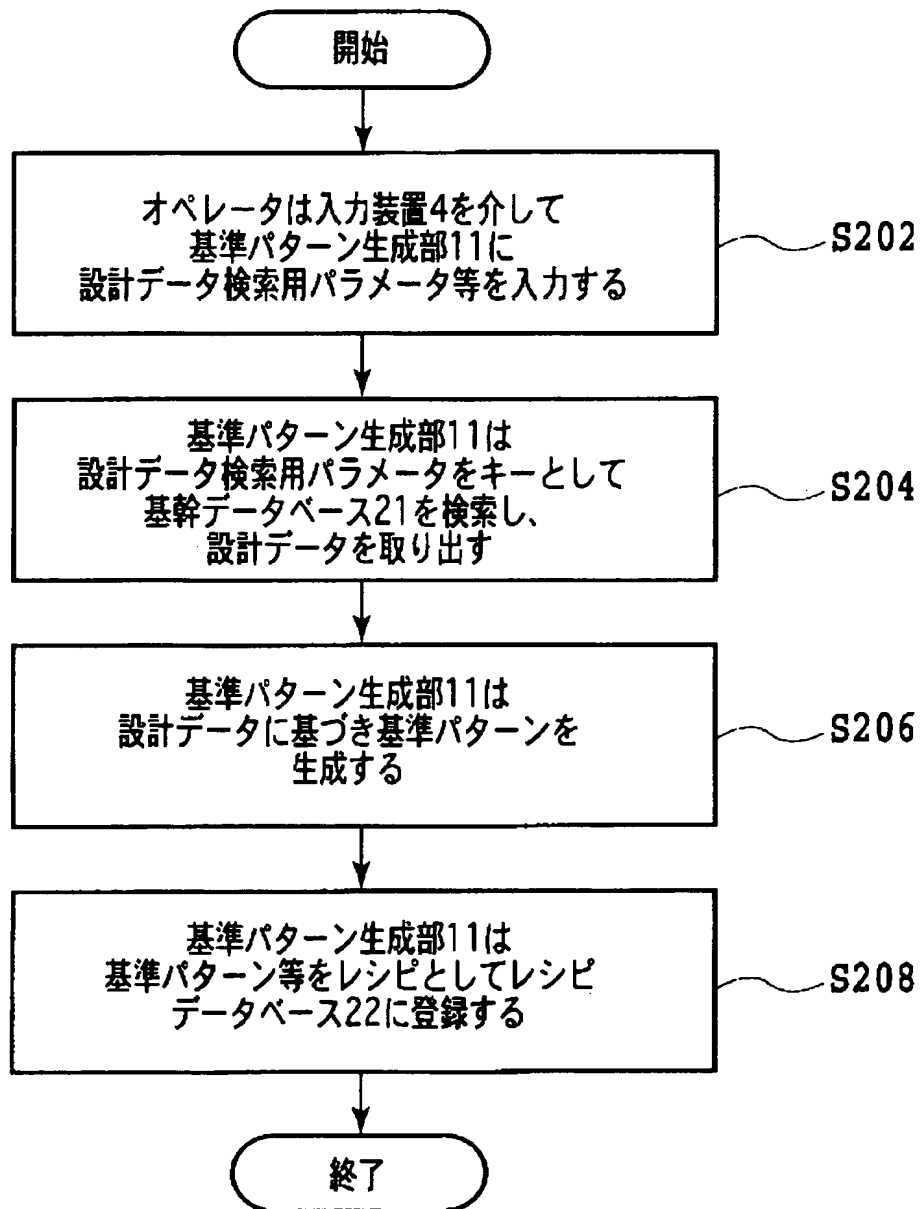
【図 11】



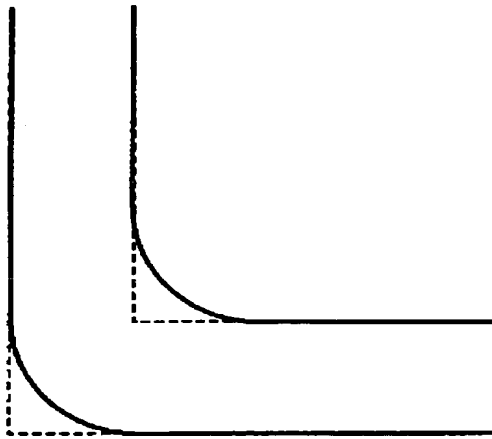
【図 1 2】



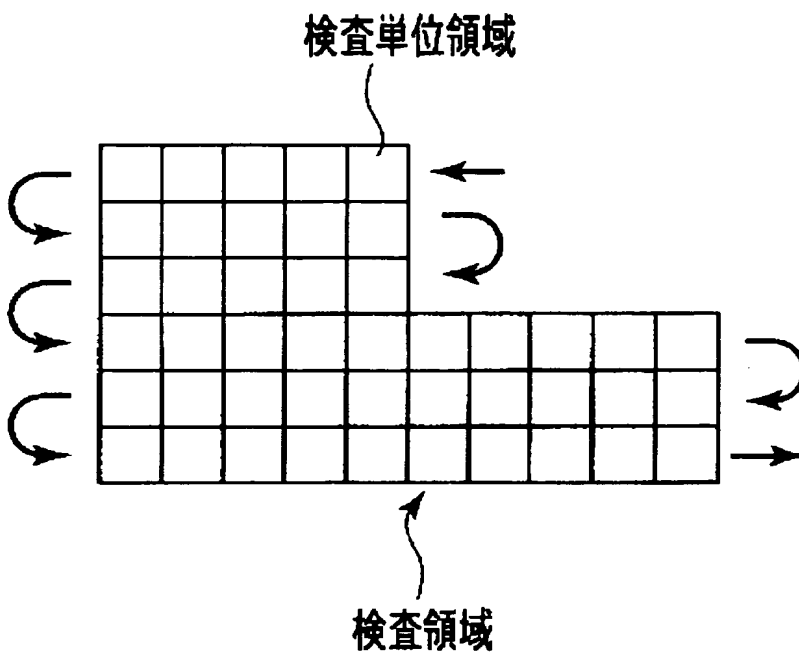
【図 13】



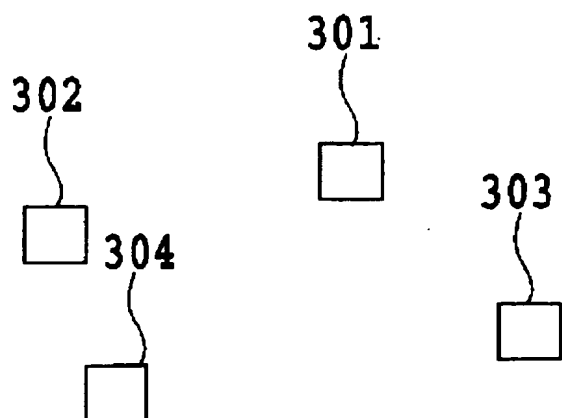
【図 14】



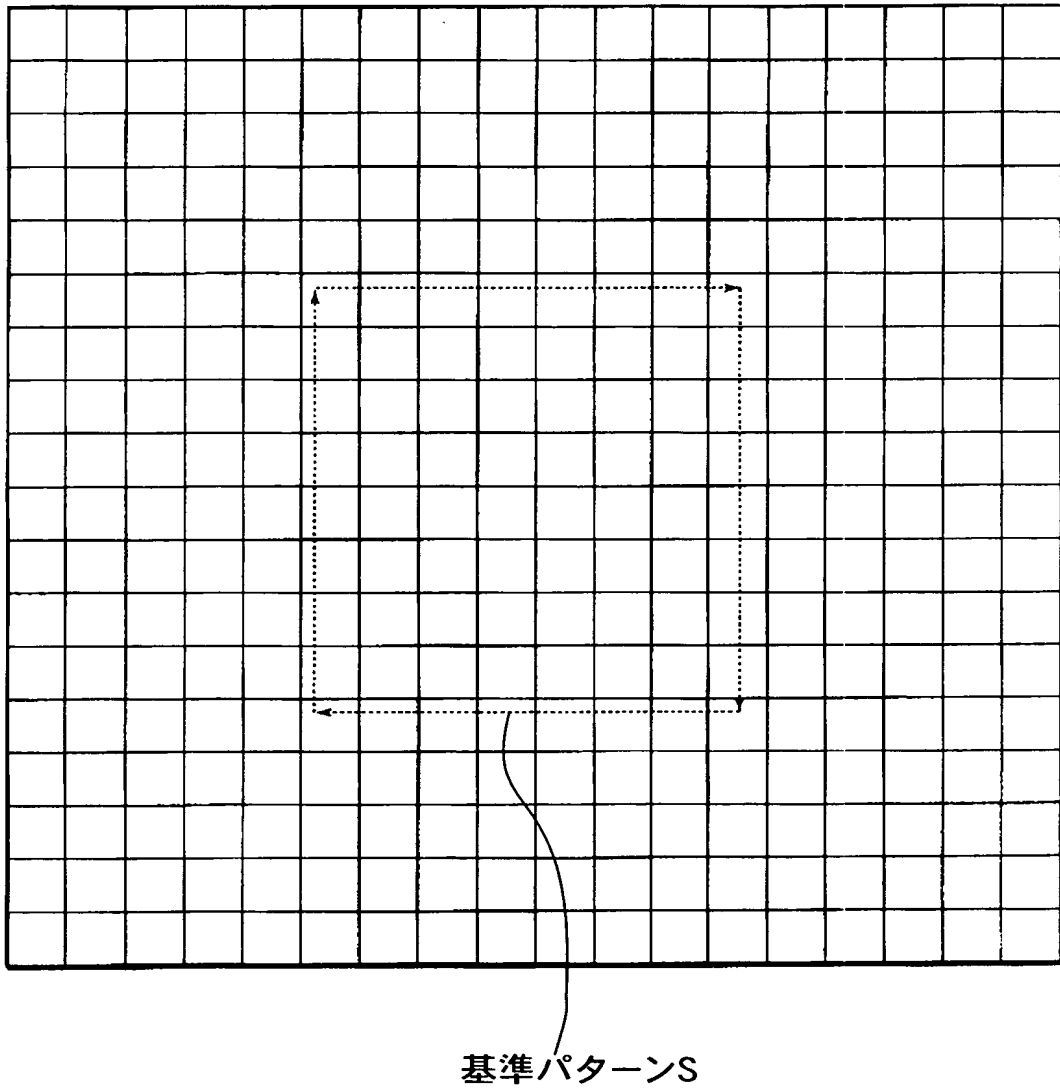
【図 15】



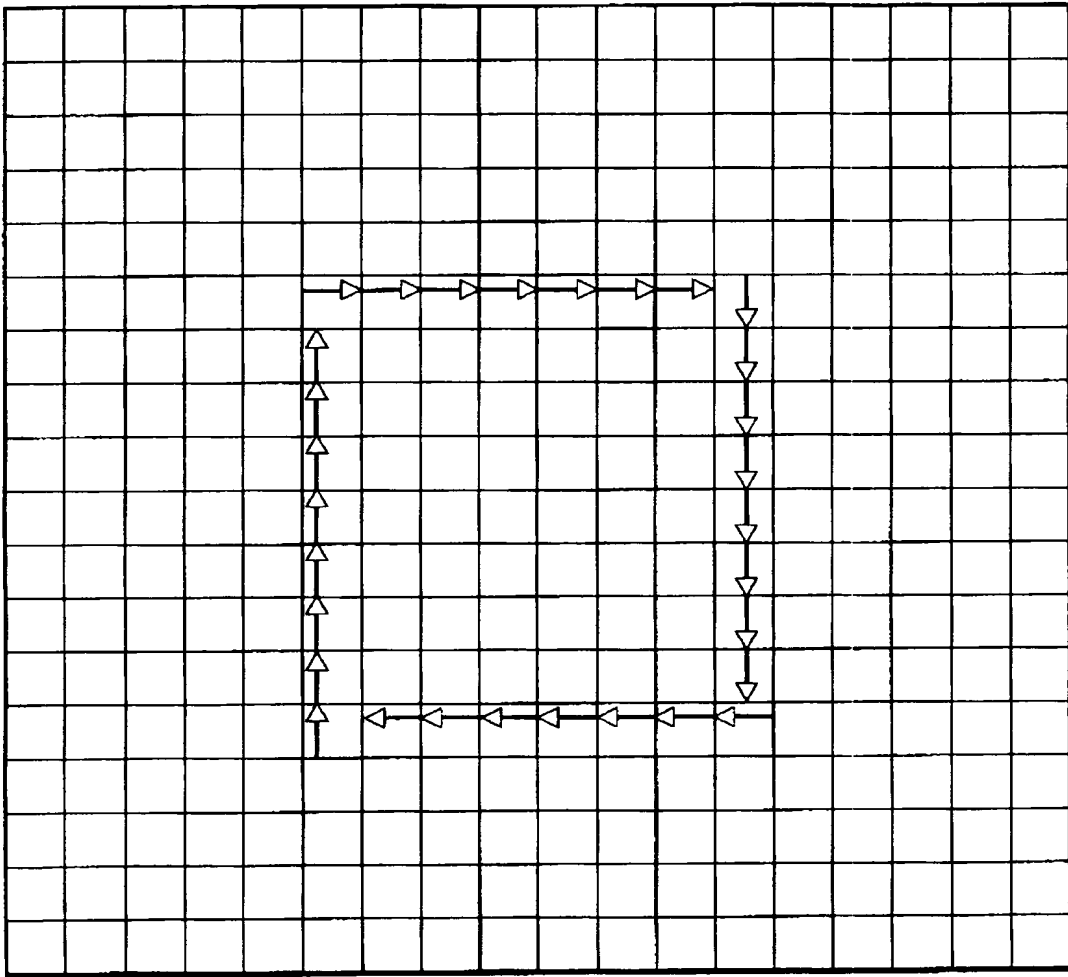
【図 16】



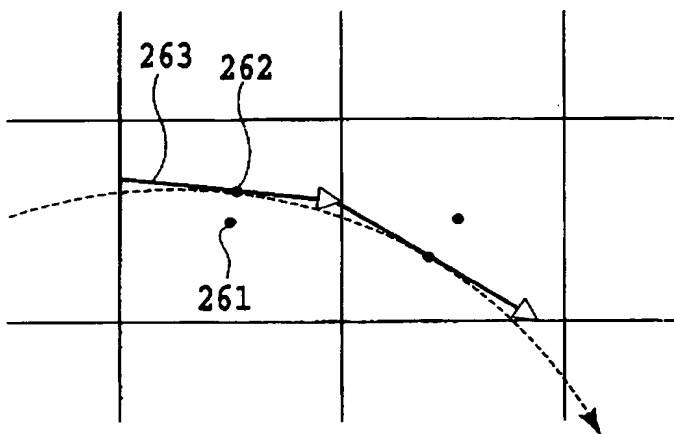
【図 17】



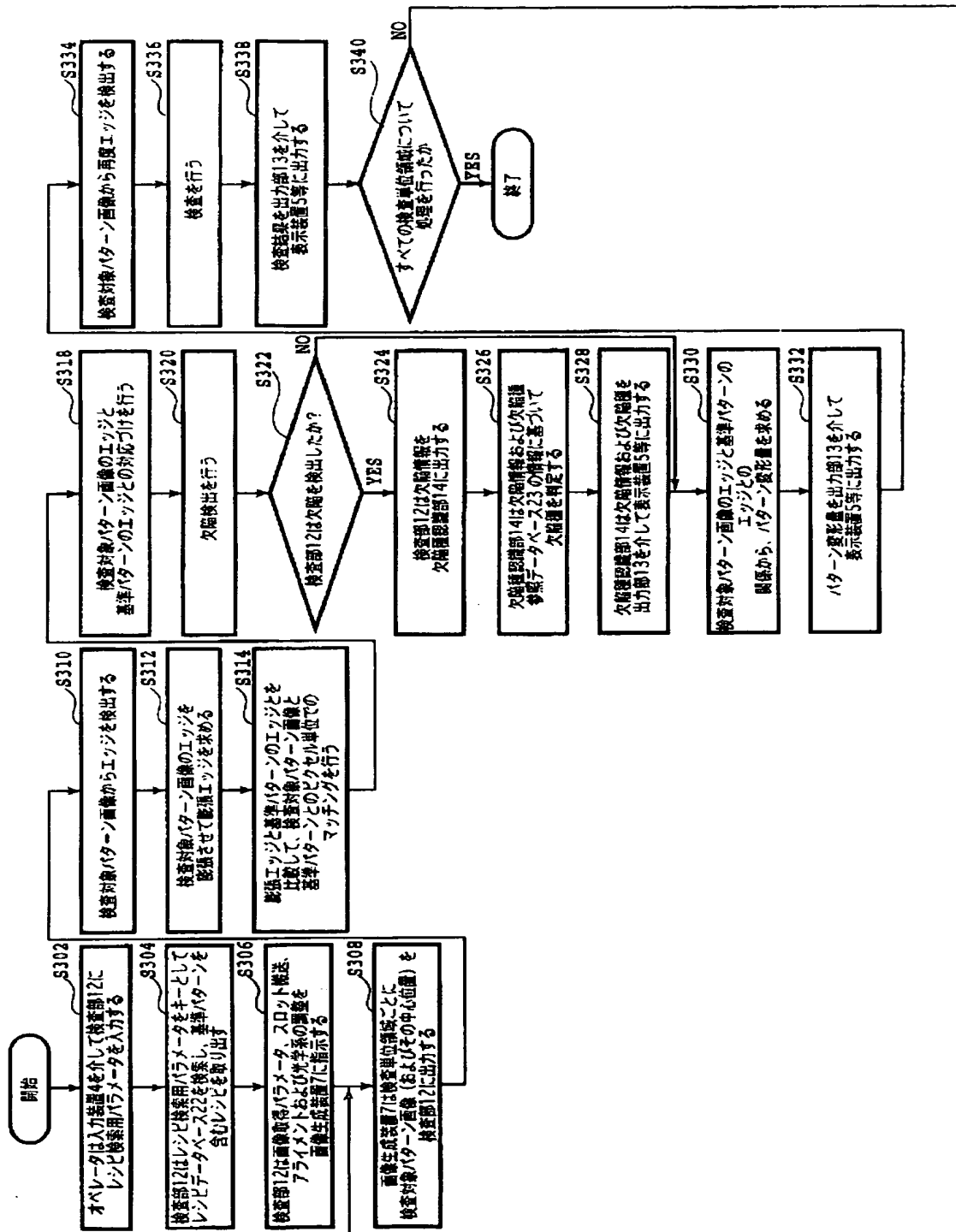
【図 18】



【図 19】



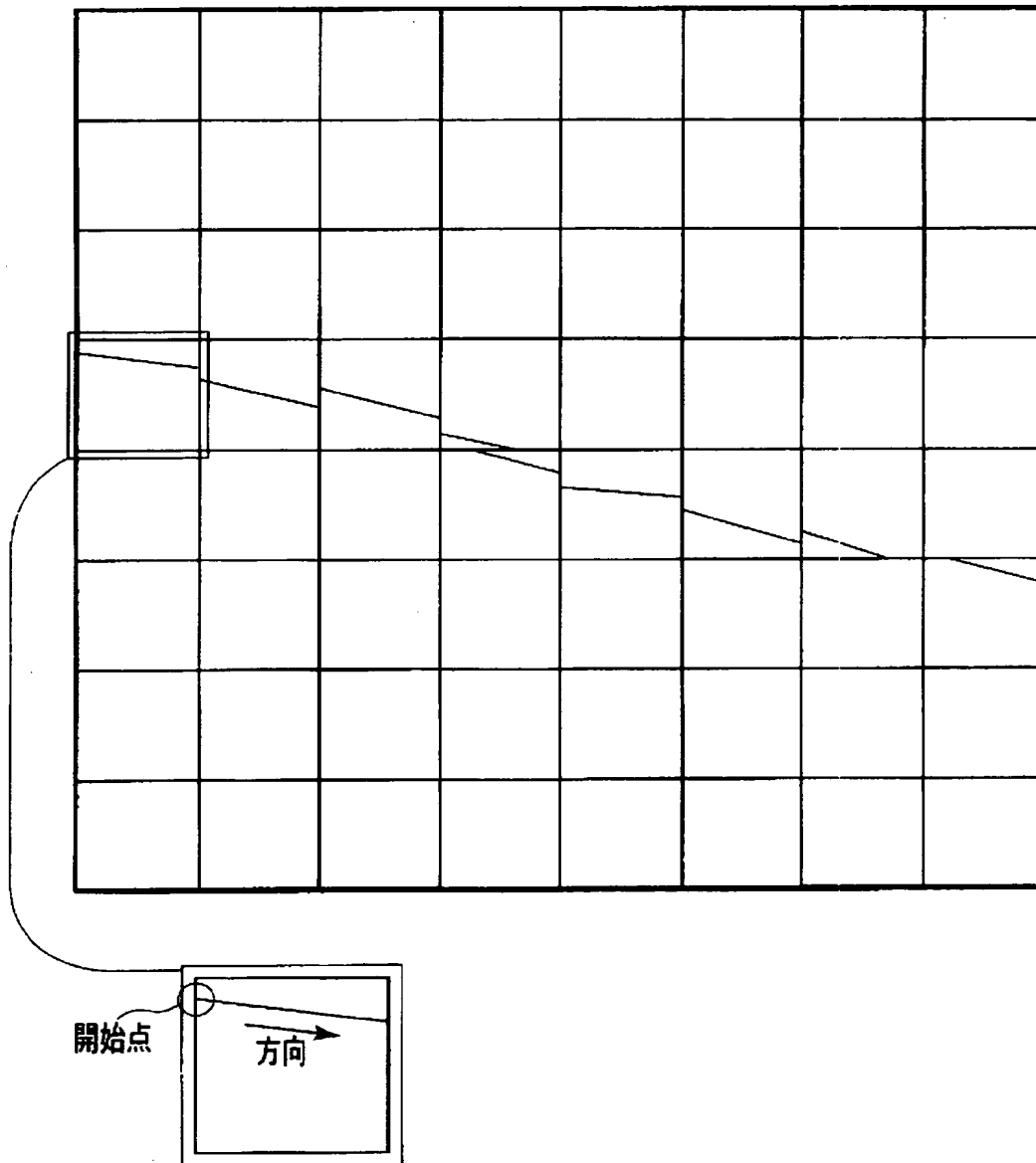
【図 20】



【図 2 1】

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 100 | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 | 60 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

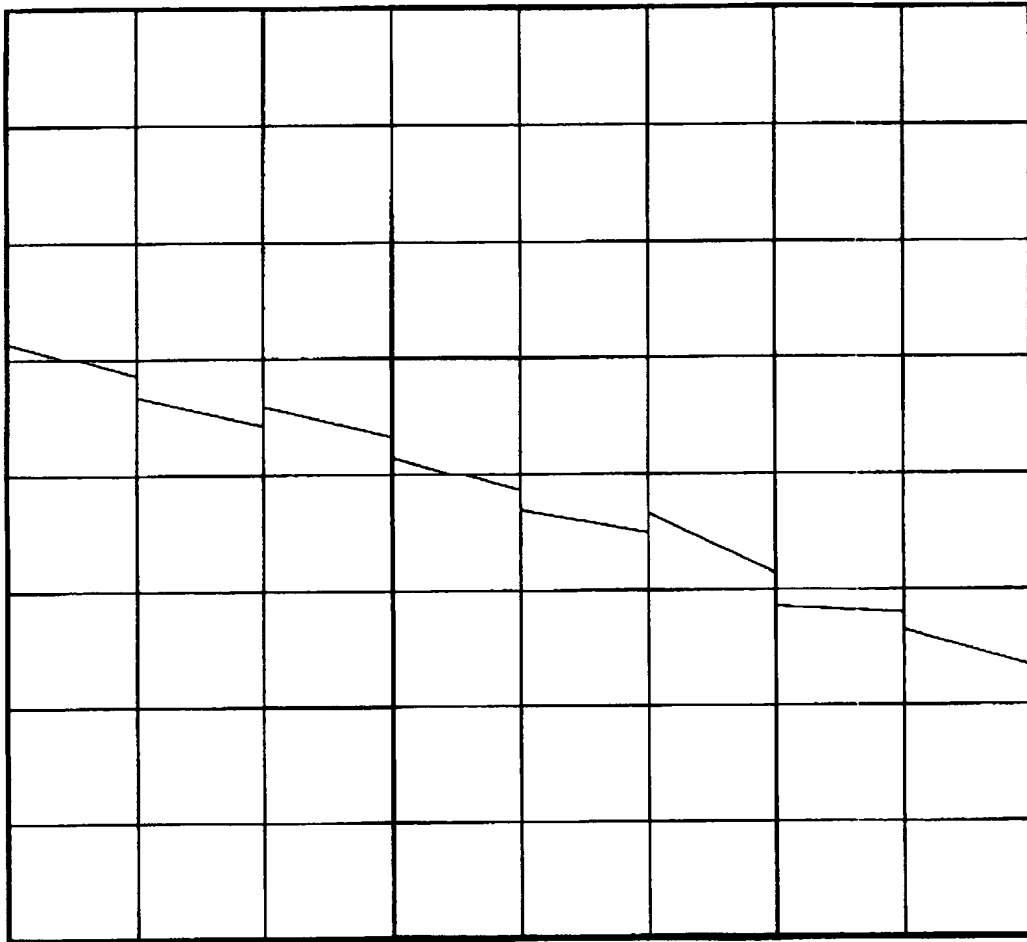
【図 22】



【図 2 3】

| | | | | | | | |
|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | 55 | 45 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | 100 | 100 | 85 | 55 | 40 | 20 | 0 |
| 15 | 45 | 55 | 85 | 100 | 100 | 60 | 50 |
| 0 | 0 | 0 | 15 | 45 | 60 | 90 | 100 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 50 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

【図 2 4】



【図 2 5】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|

【図 2 6】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|
| 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0 | 0 |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|

【図 2 7】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

【図 2 8】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|
| 0 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 0 | 0 | 10 | 15 | 20 | 15 | 10 | 0 | 0 |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|

【図 2 9】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

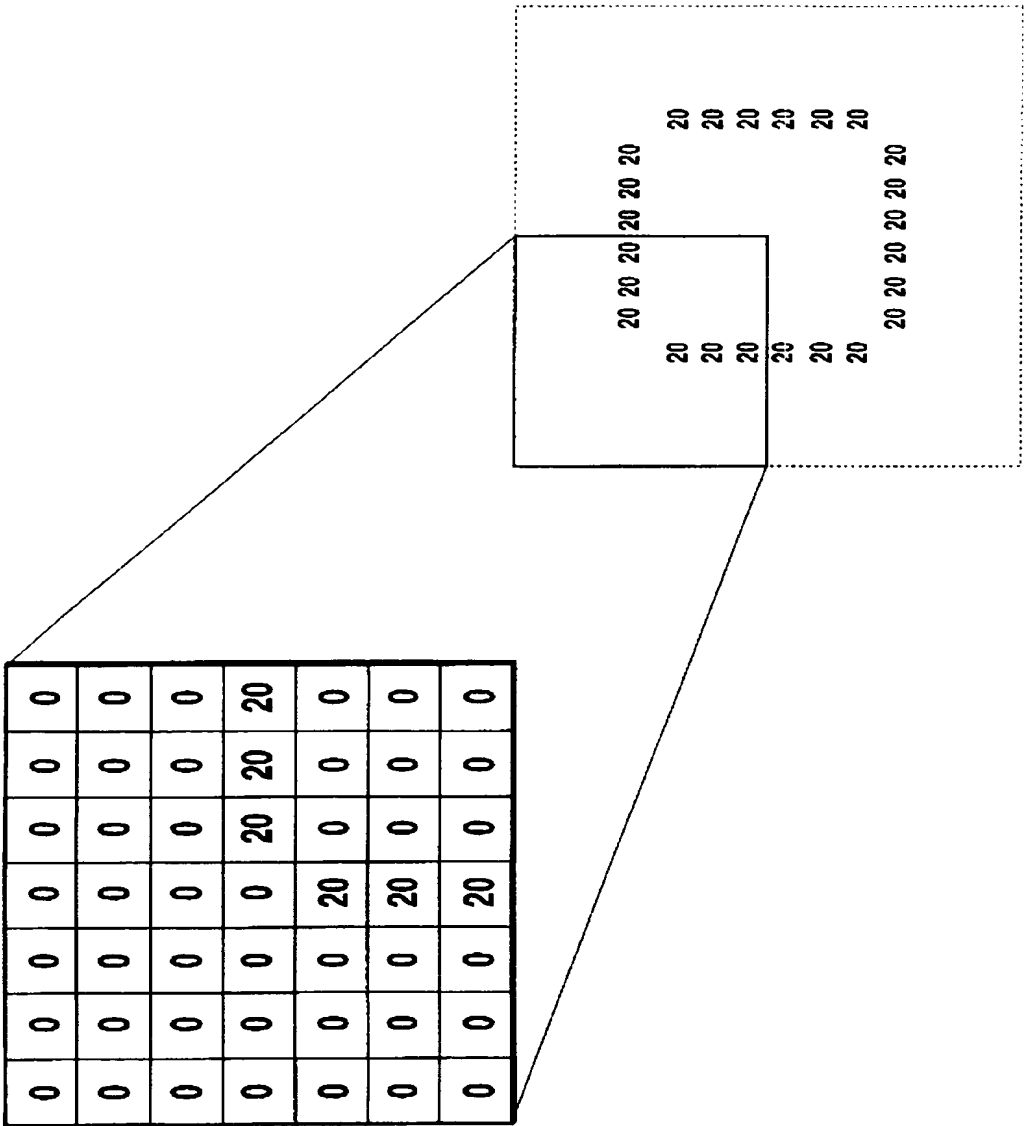
【図 3 0】

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|
| 0 | 10 | 18 | 20 | 18 | 10 | 0 | 0 | 10 | 18 | 20 | 18 | 10 | 0 | 0 |
|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|---|

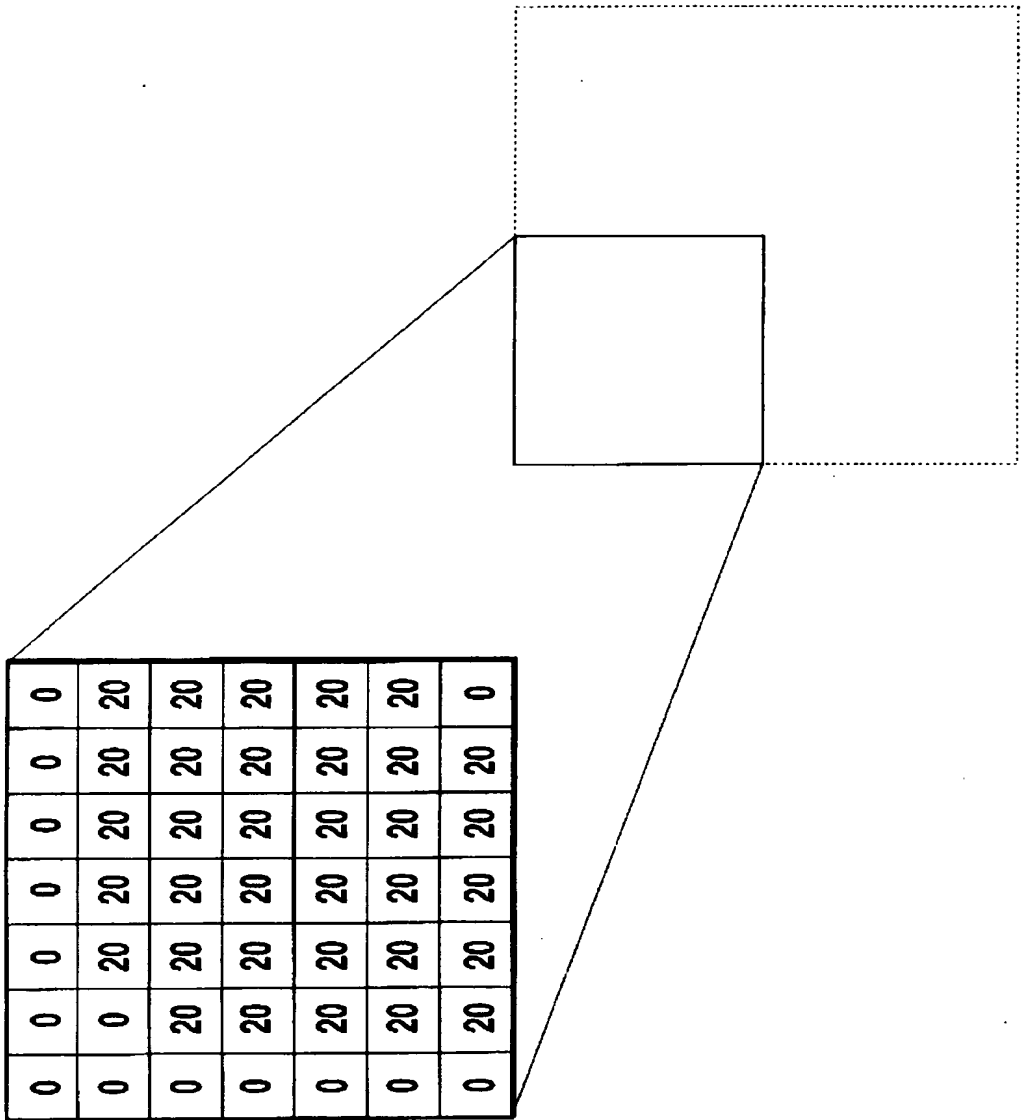
【図 3 1】

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0.5 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.5 |
|-----|-----|-----|-----|-----|

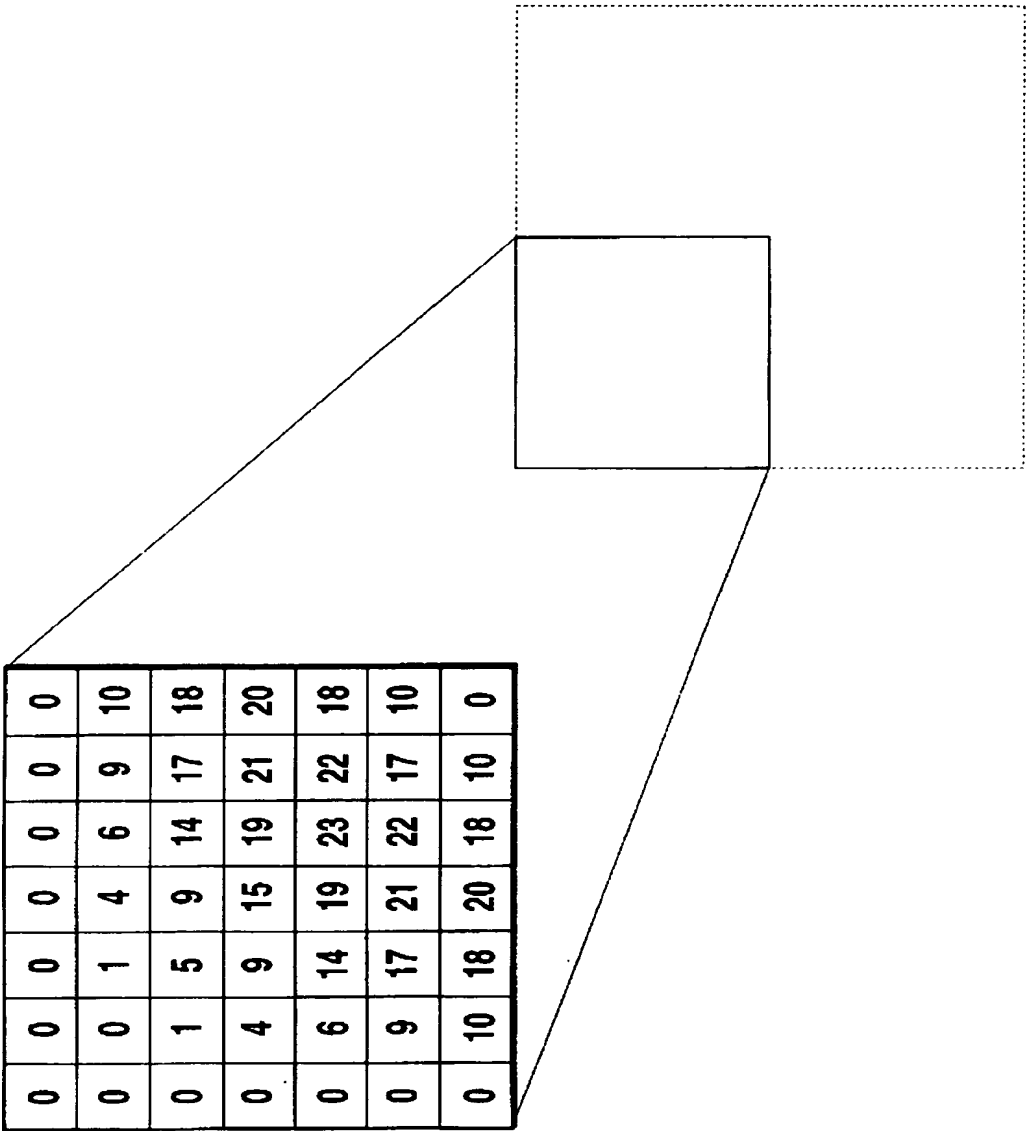
【図 3 2】



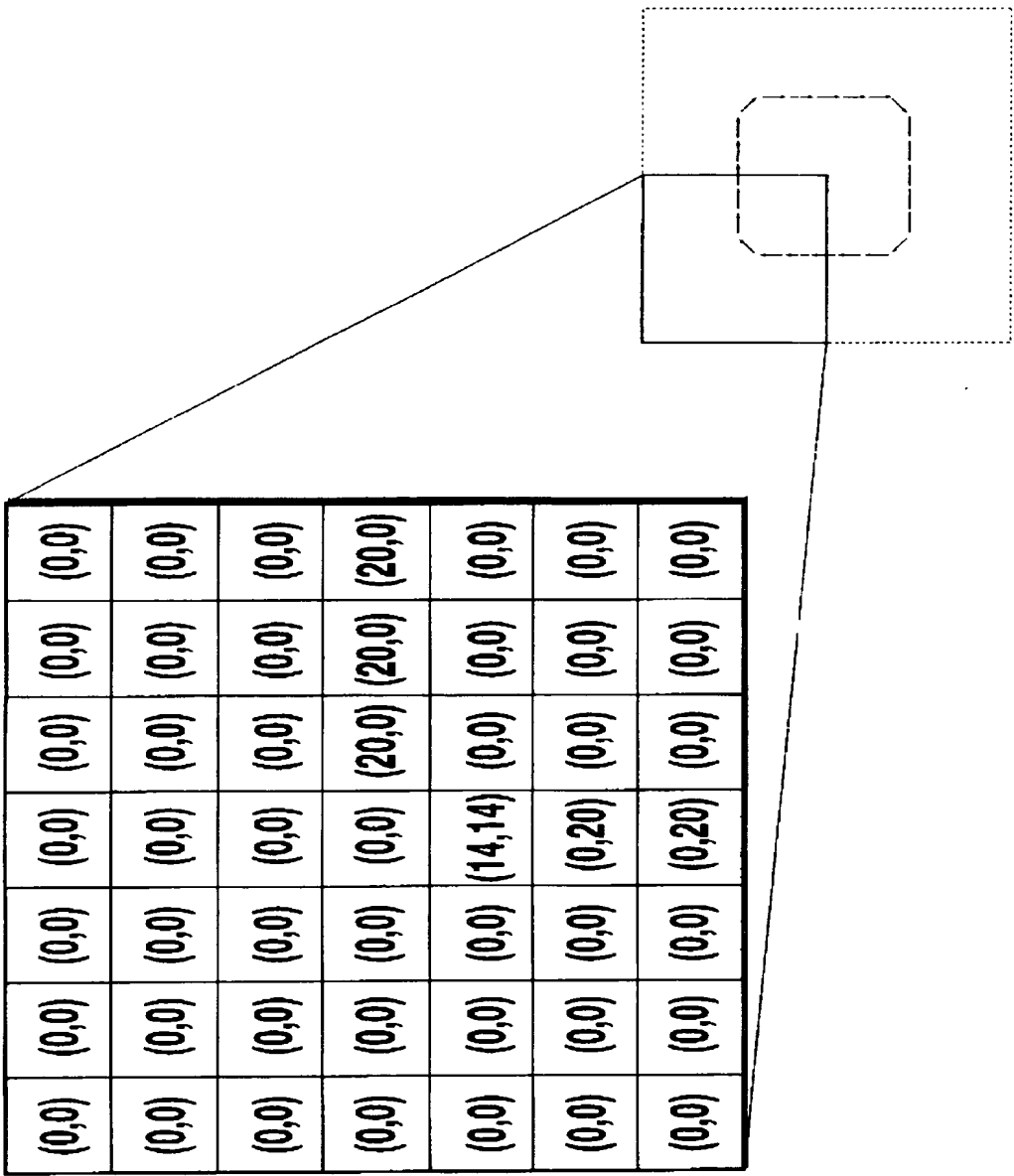
【図 33】



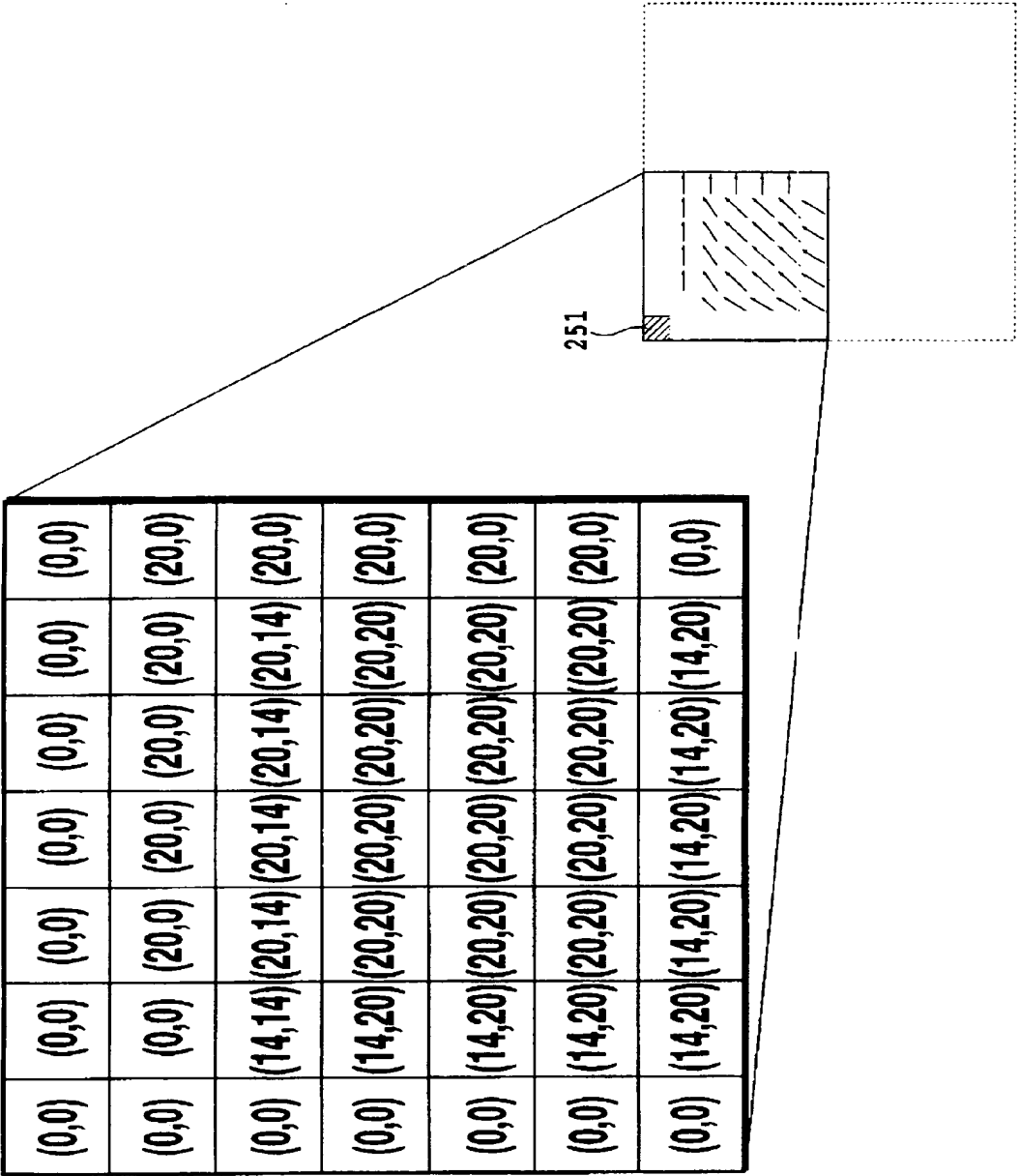
【図 34】



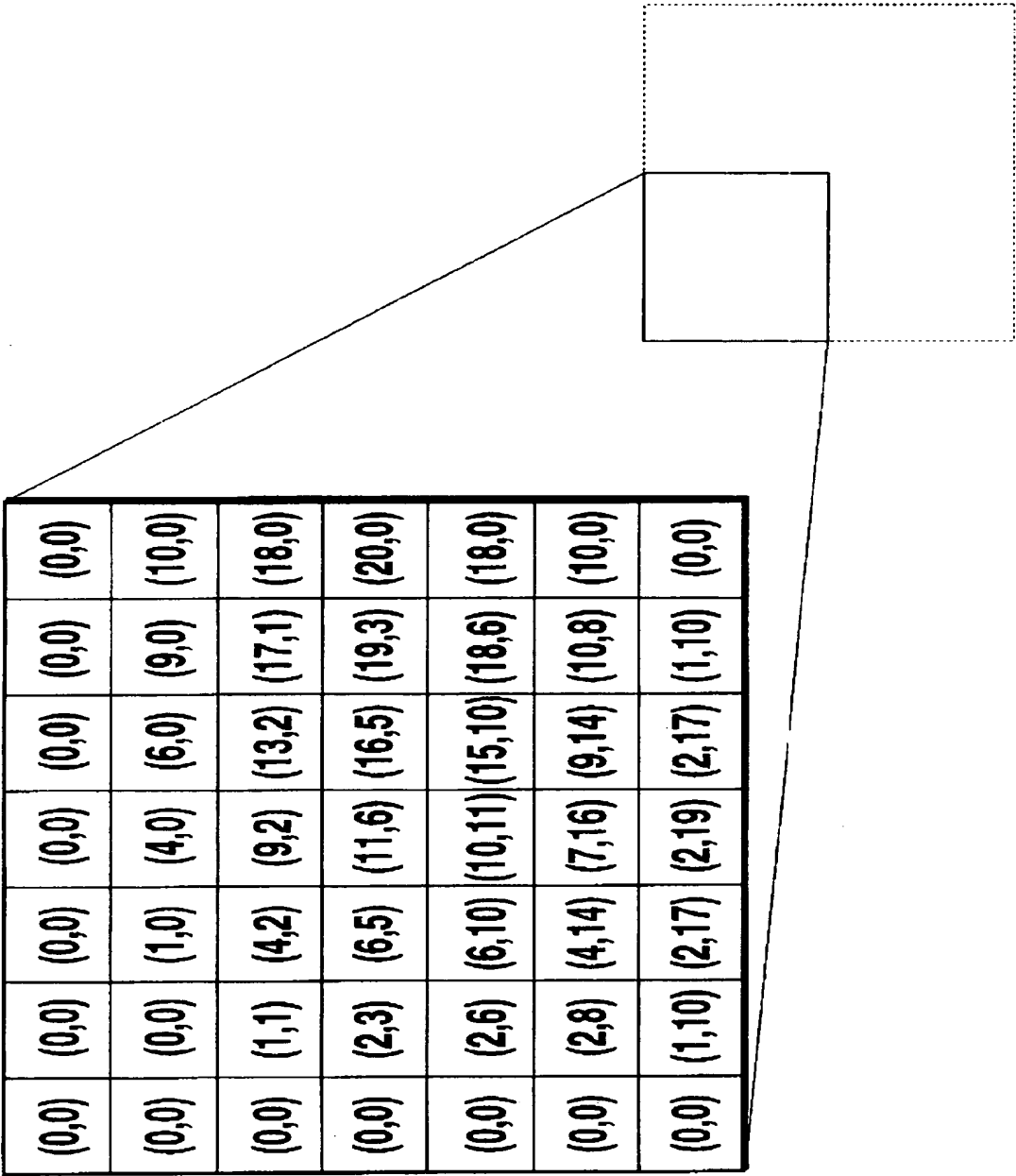
【図 3 5】



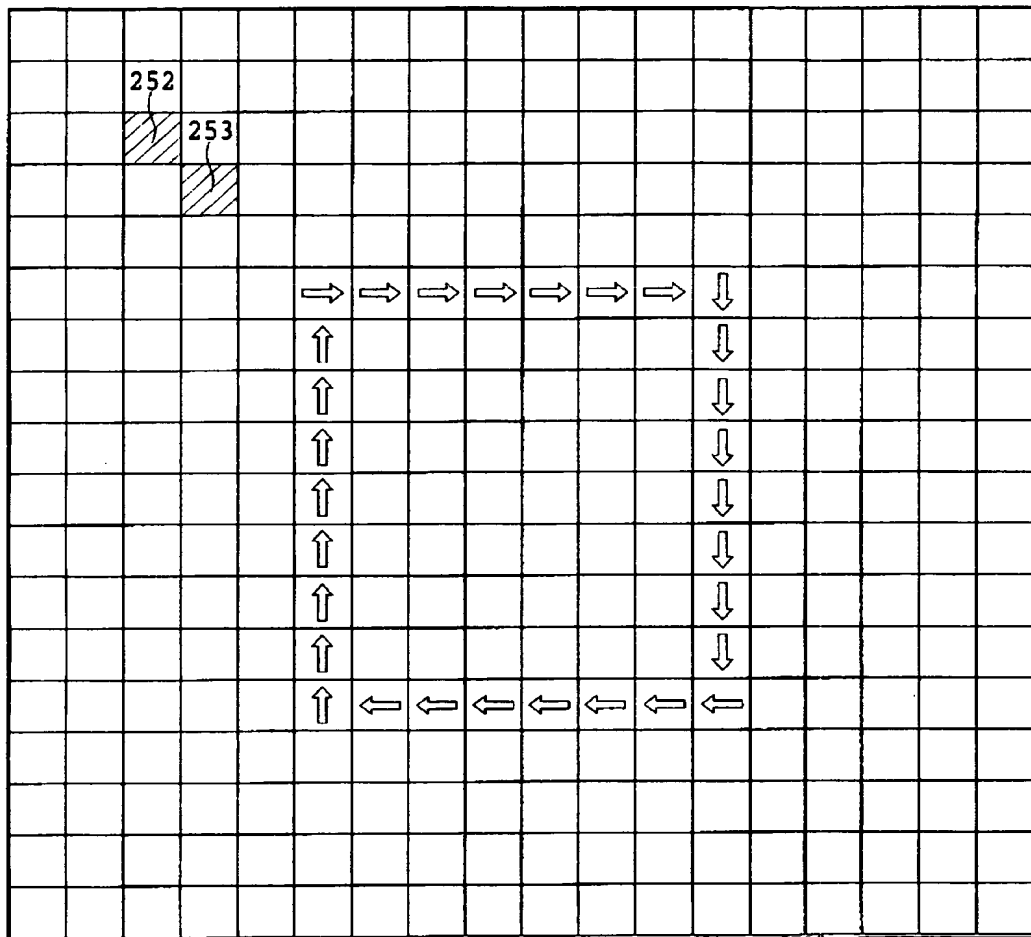
【図 36】



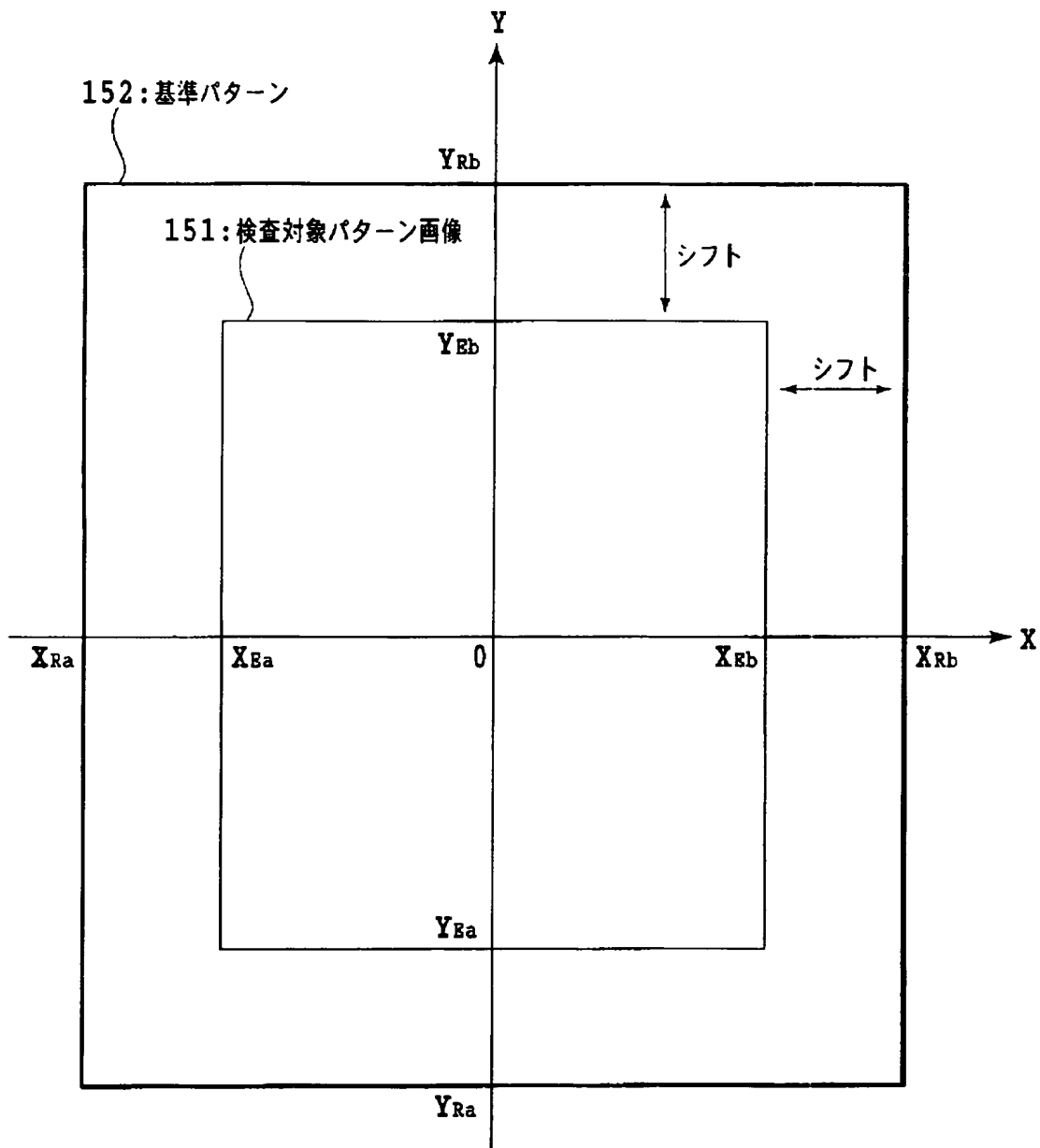
【図 37】



【図 38】

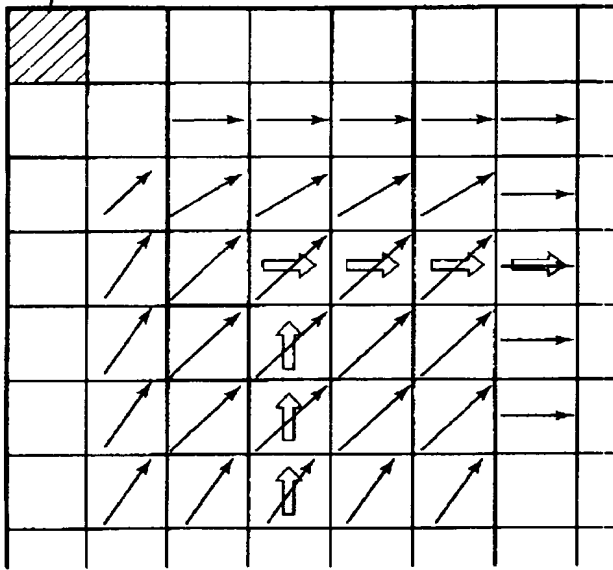


【図 39】



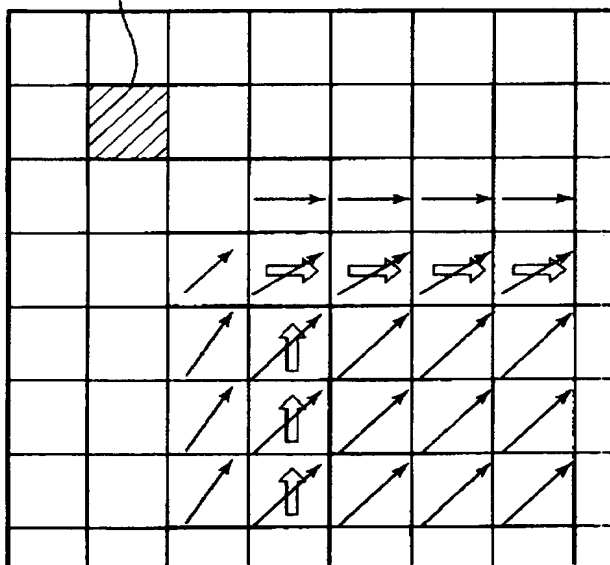
【図 40】

254

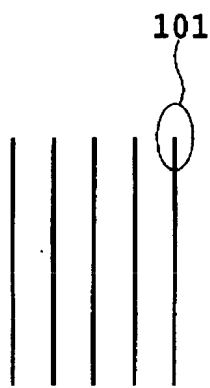


【図 4 1】

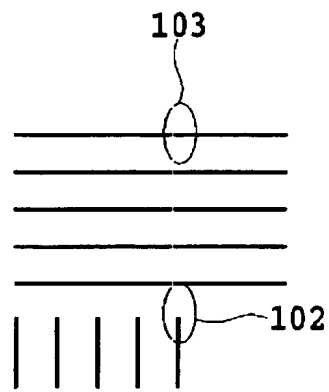
255



【図 4 2】

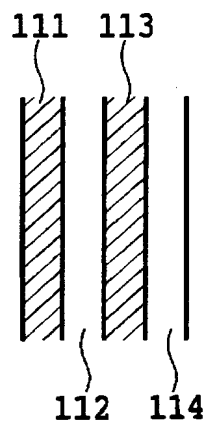


(a)

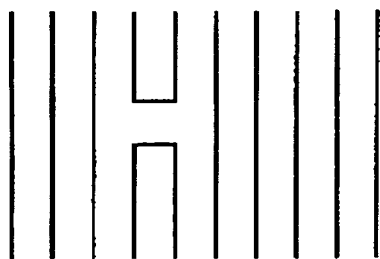


(b)

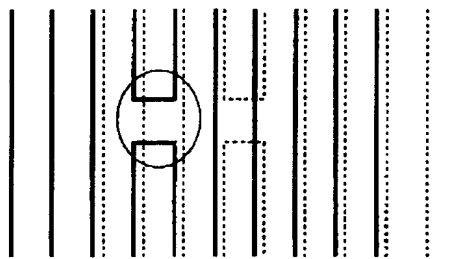
【図 4 3】



【図 4 4】

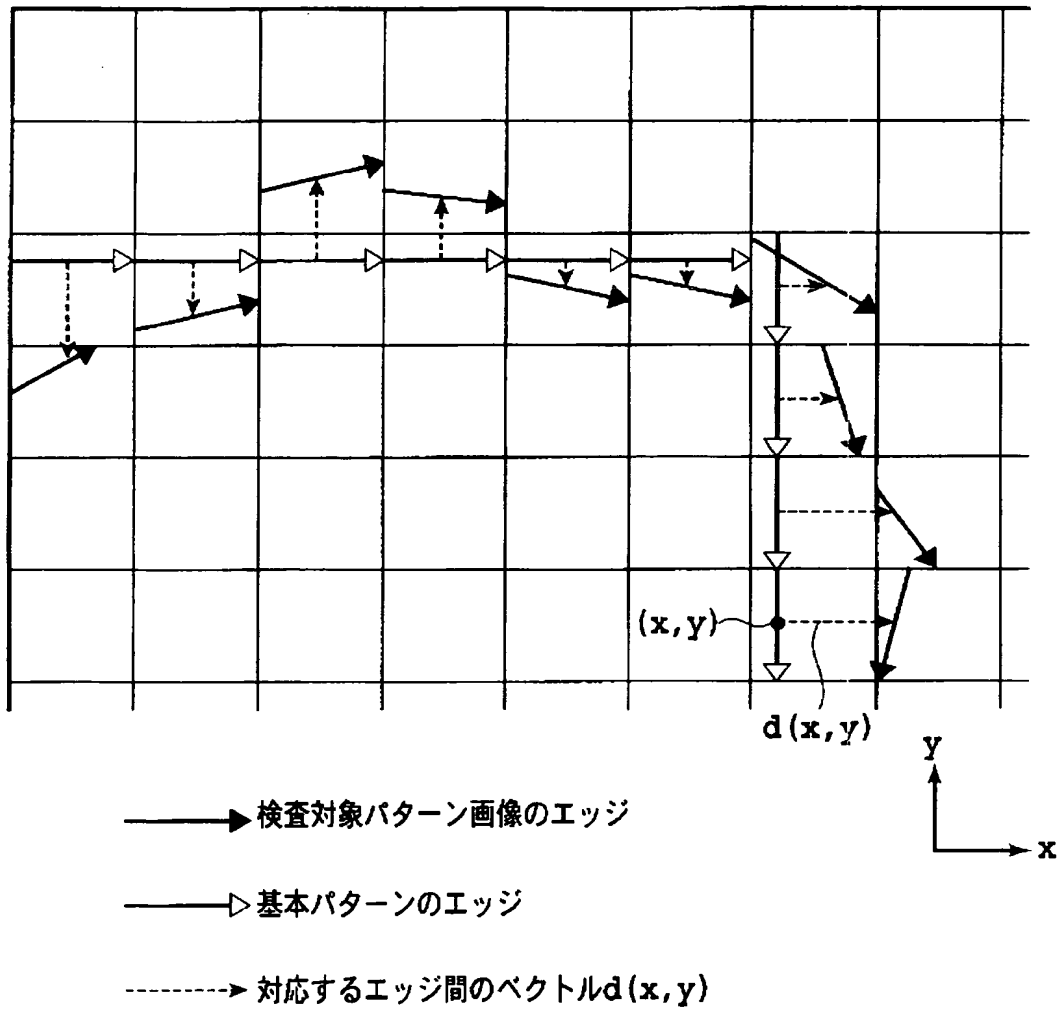


(a)

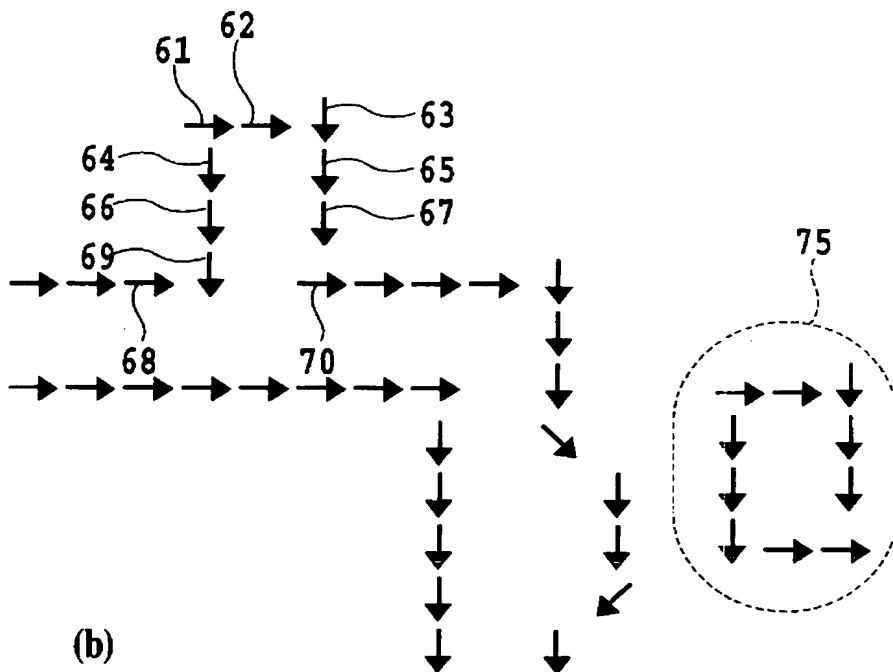
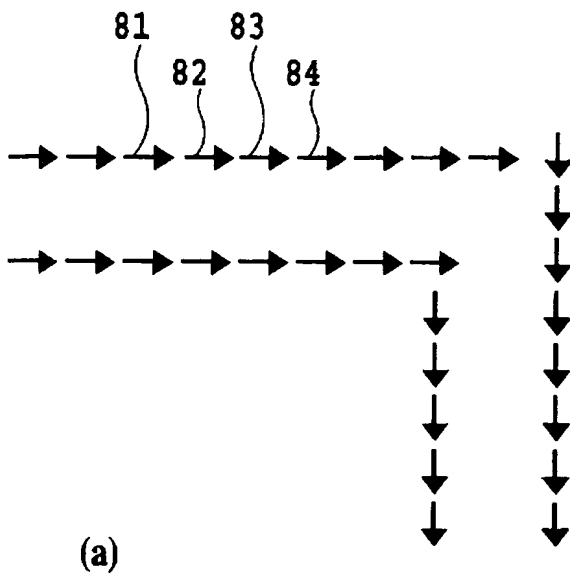


(b)

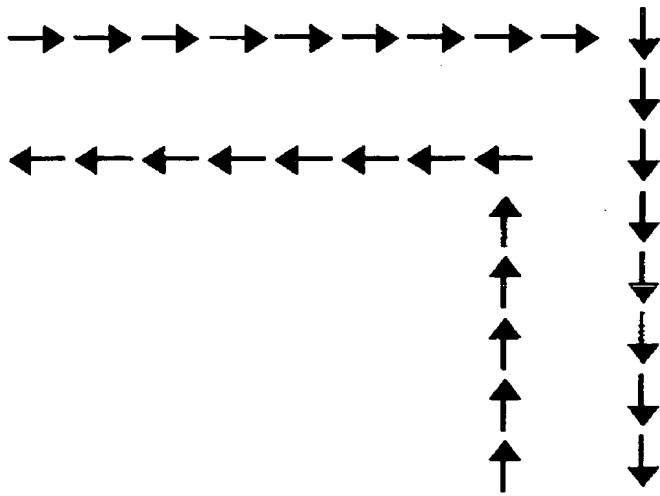
【図 45】



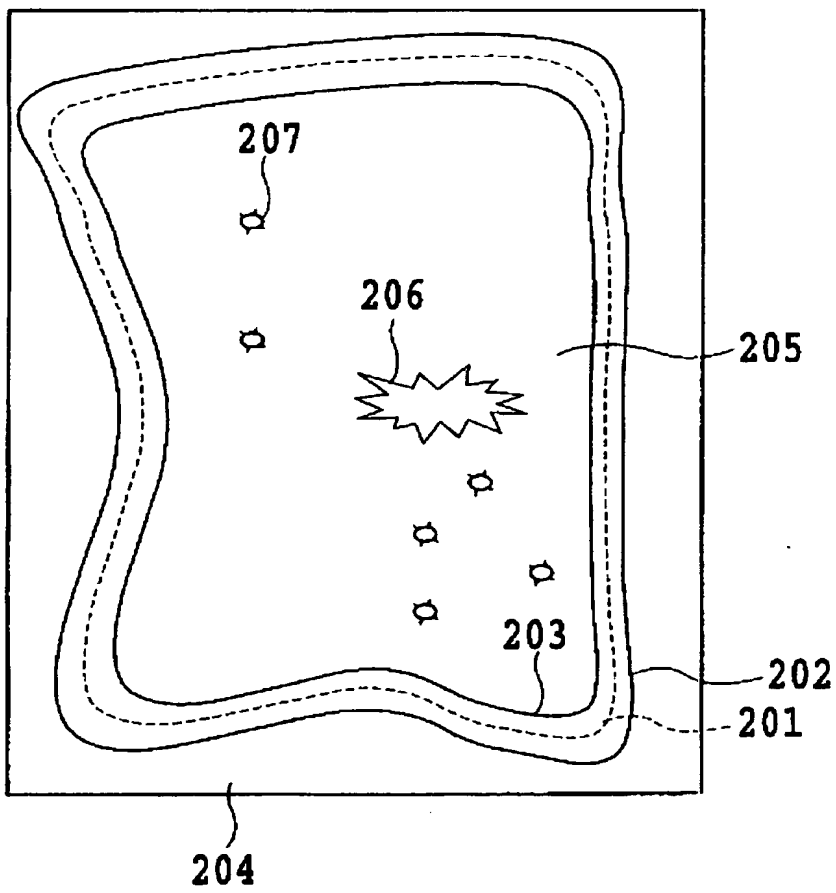
【図 46】



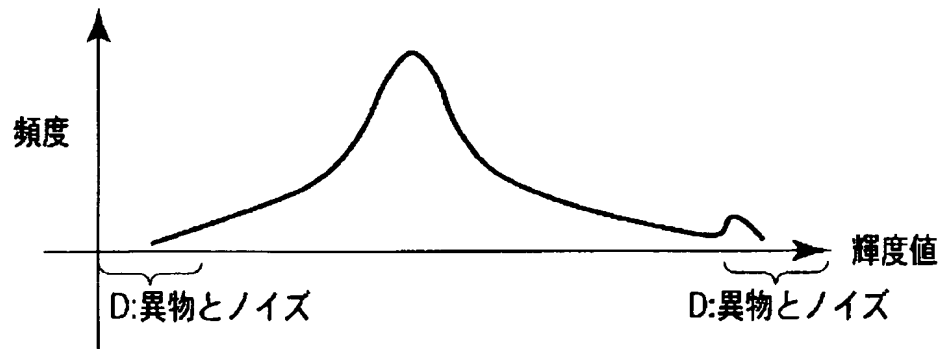
【図 47】



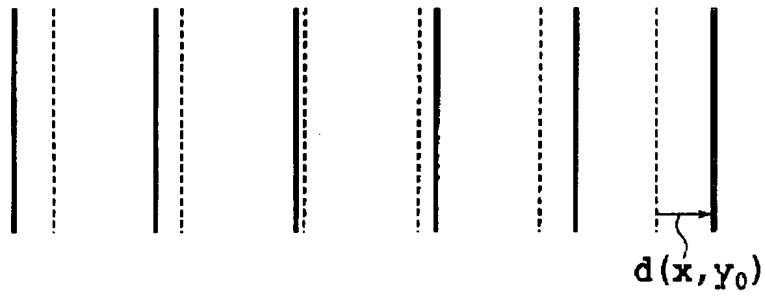
【図 48】



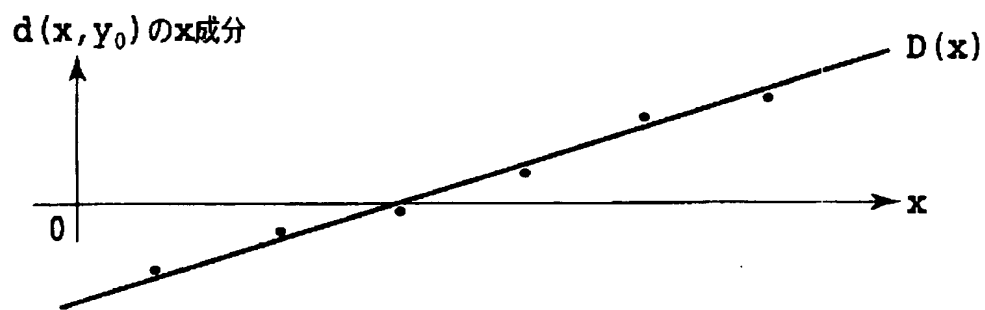
【図 49】



【図 50】

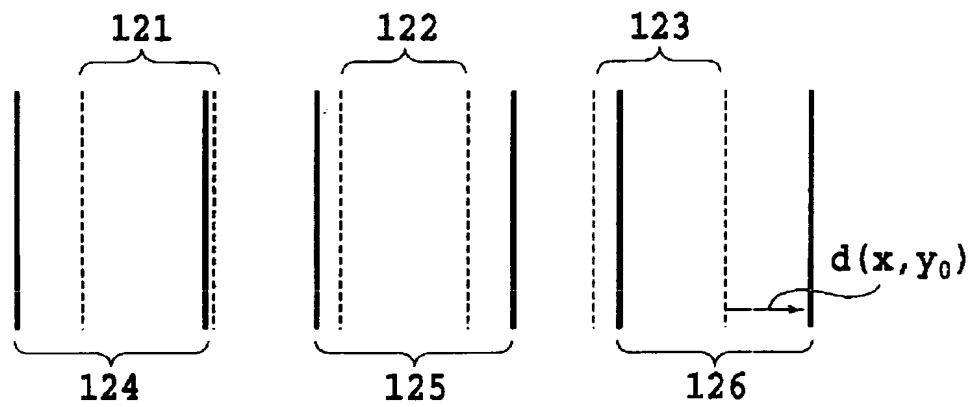


(a)

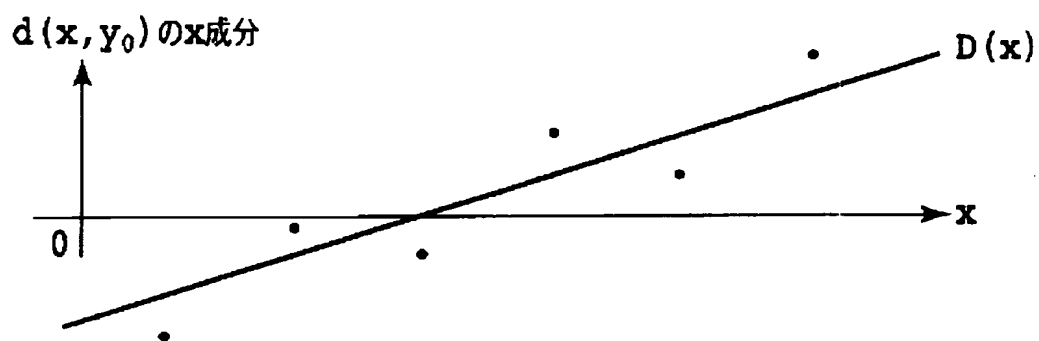


(b)

【図 5 1】

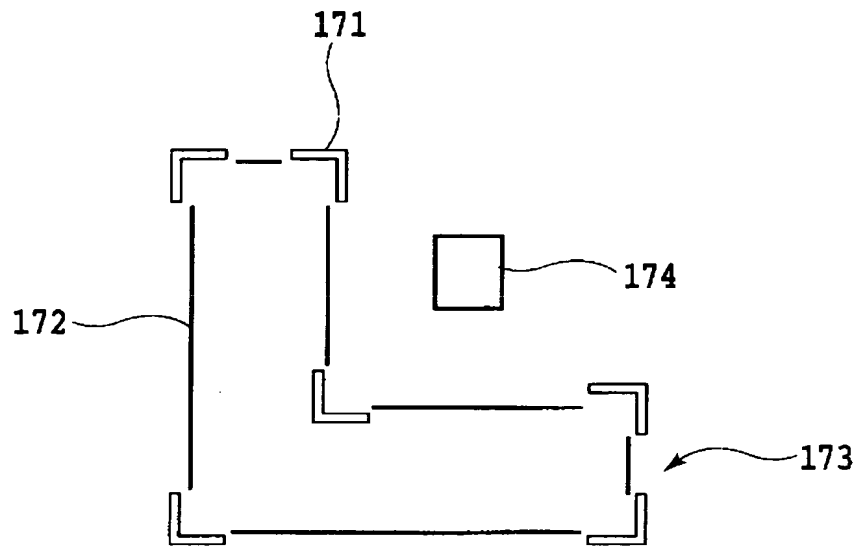


(a)

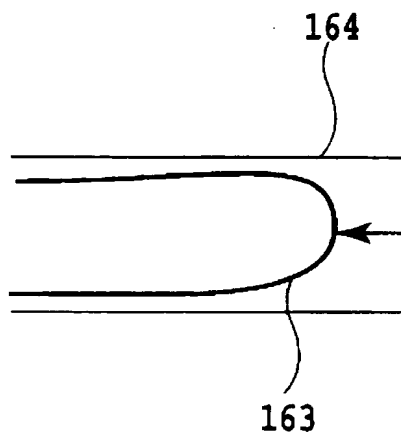


(b)

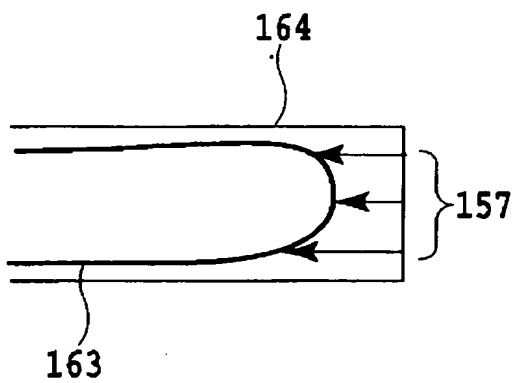
【図 52】



【図 53】

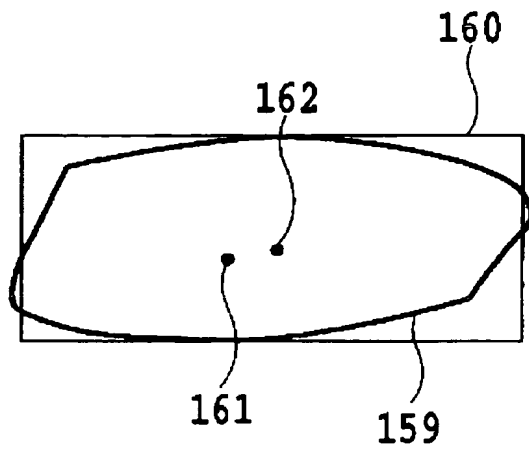


(a)

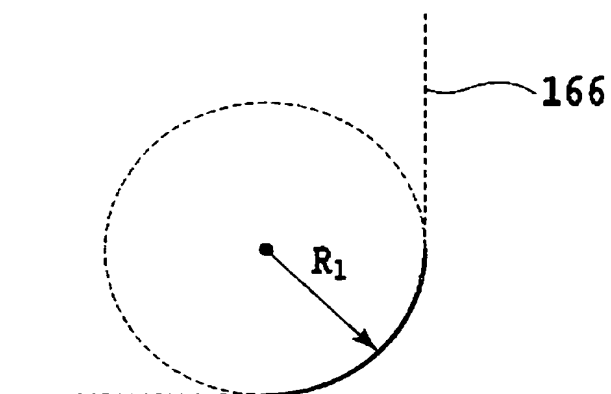


(b)

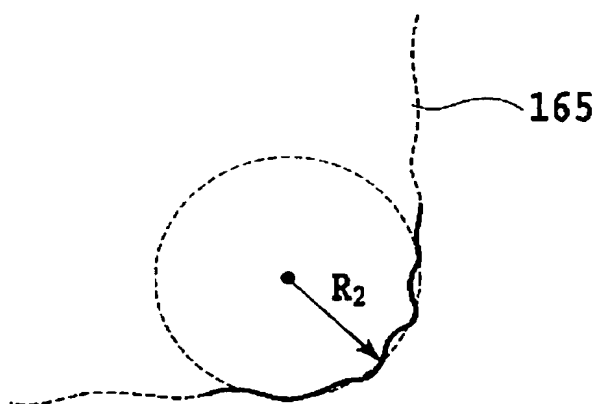
【図 54】



【図 55】

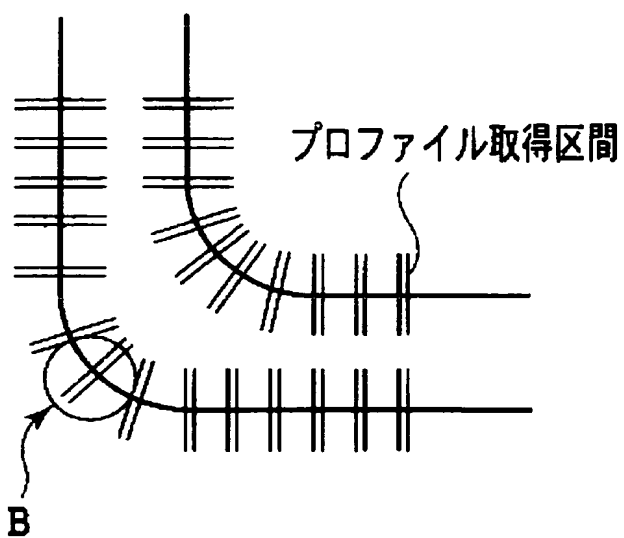


(a)

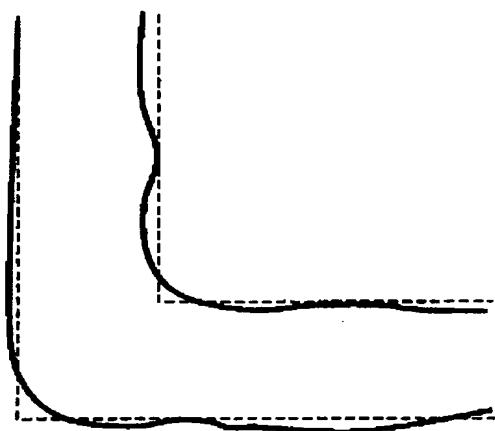


(b)

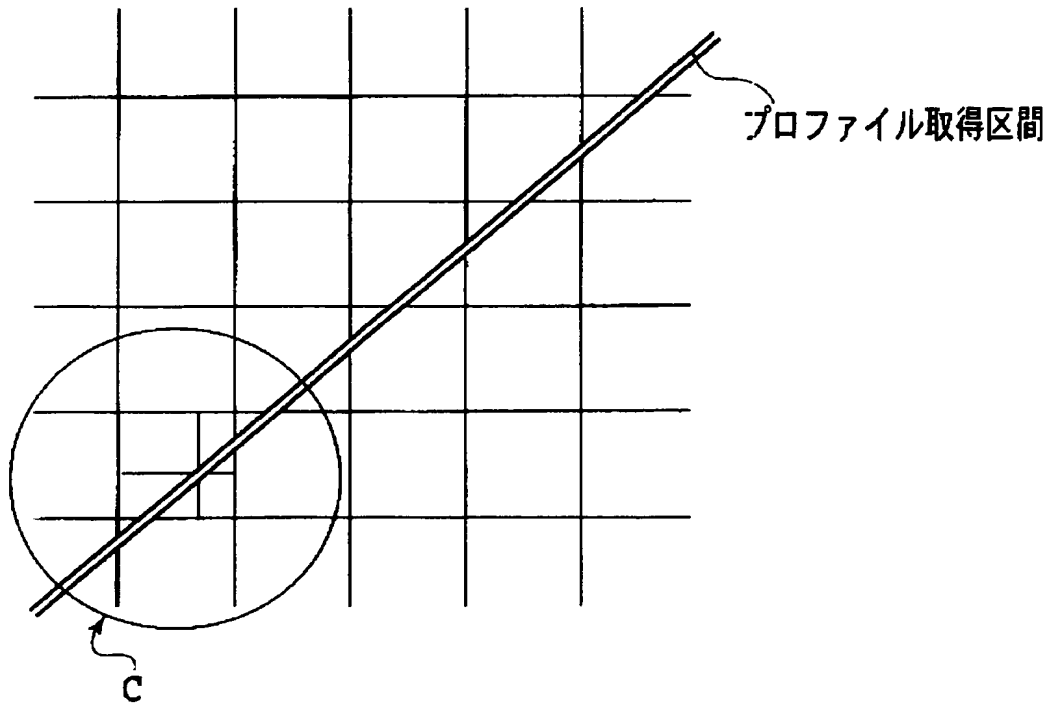
【図 56】



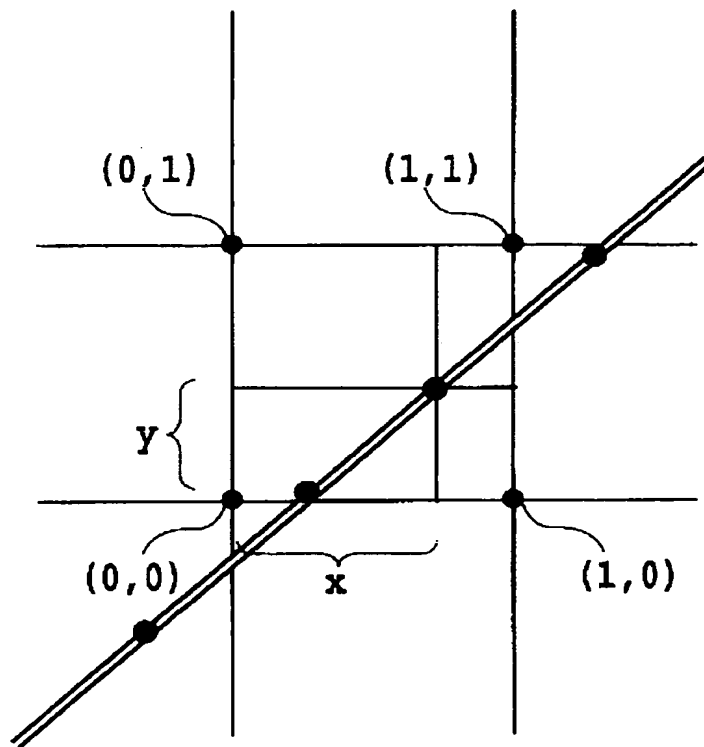
【図 57】



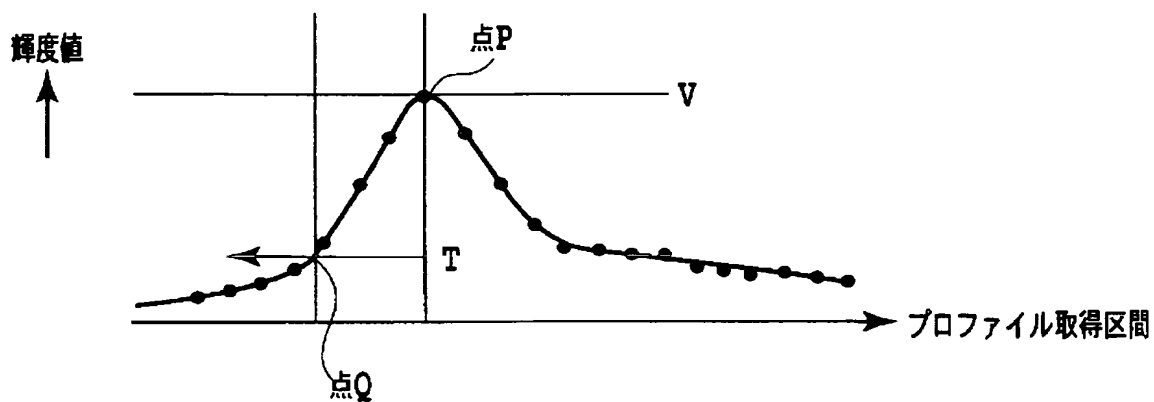
【図 58】



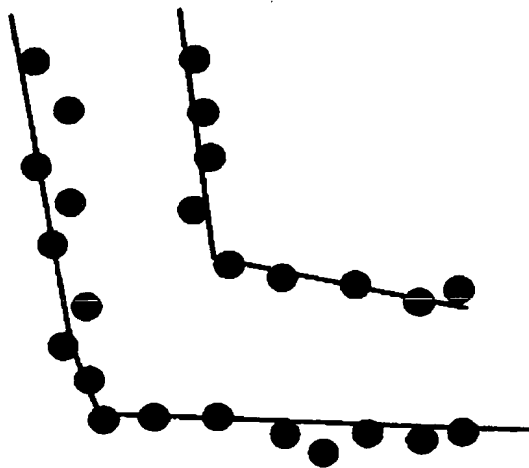
【図 59】



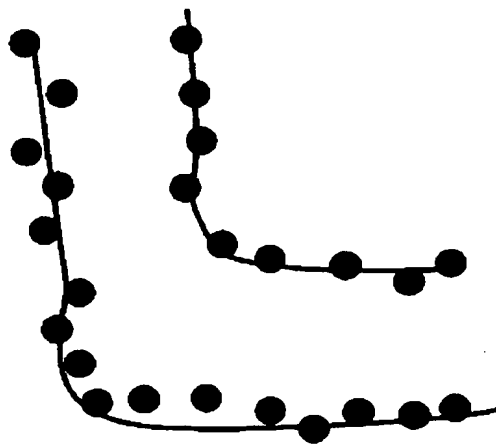
【図 60】



【図 6 1】

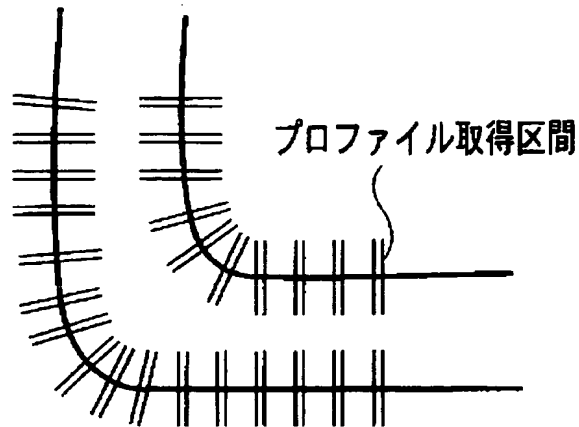


(a)

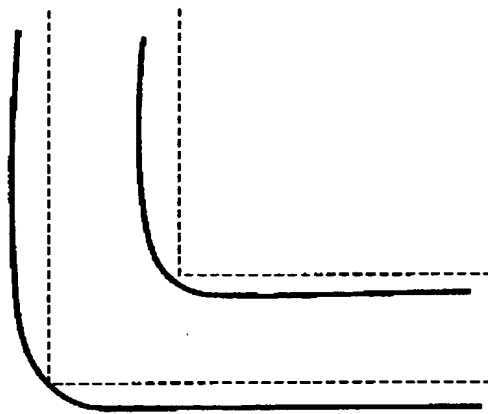


(b)

【図 6 2】

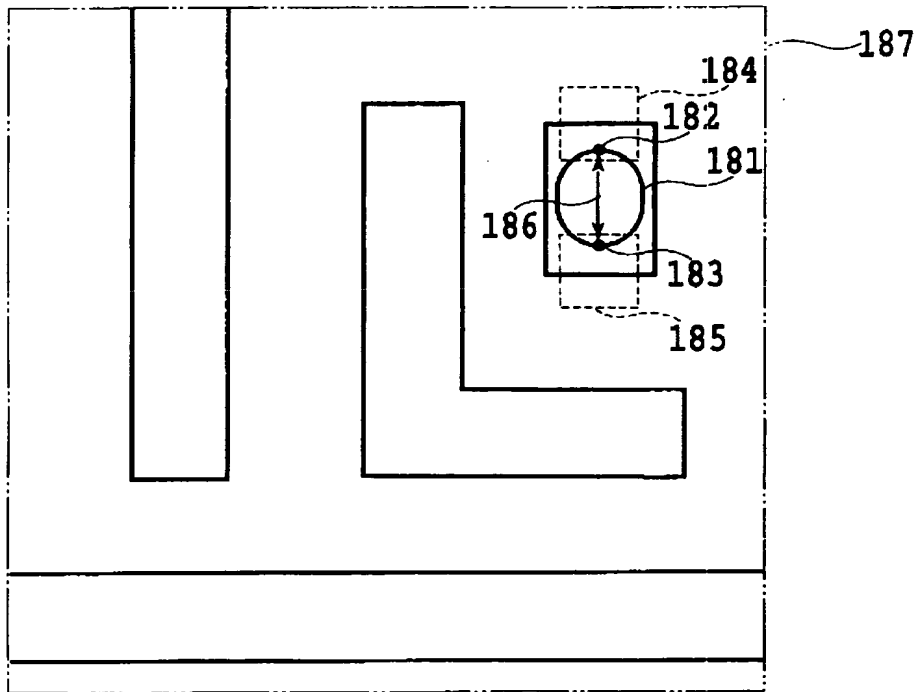


(a)

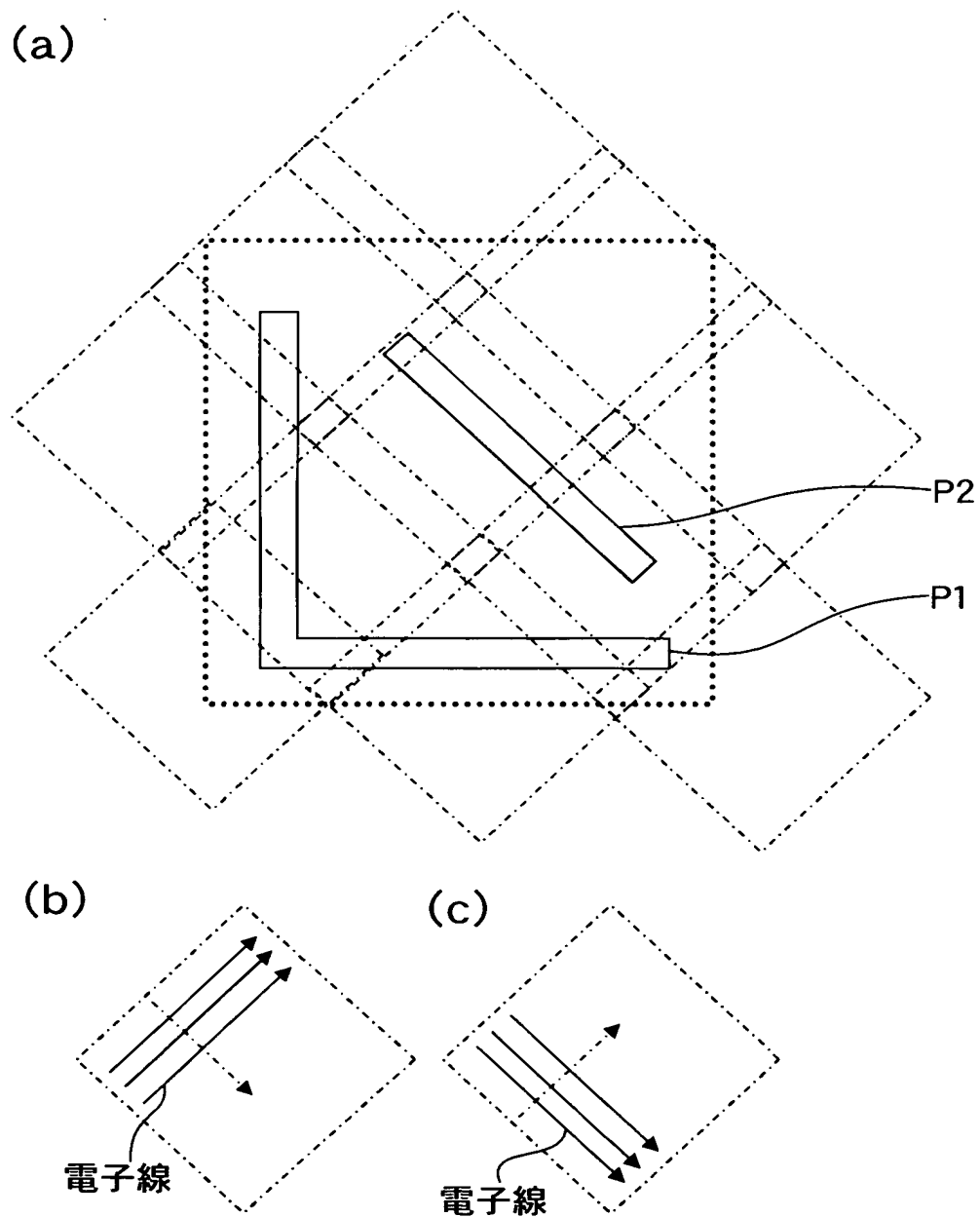


(b)

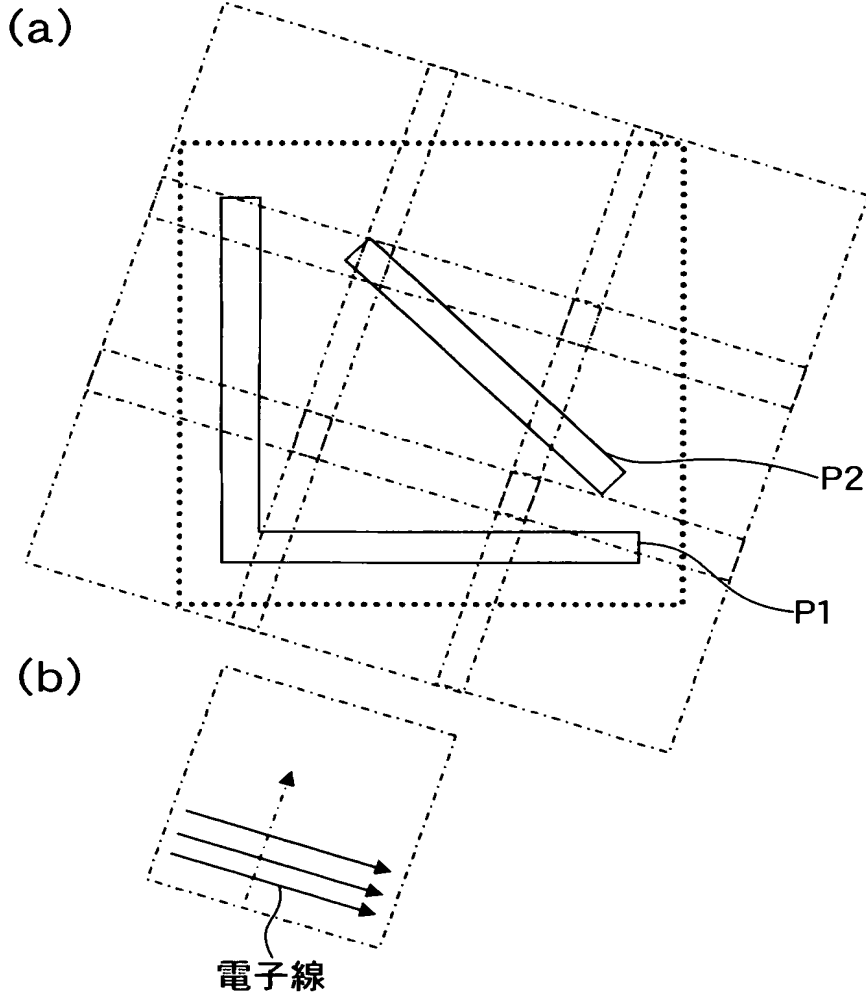
【図 63】



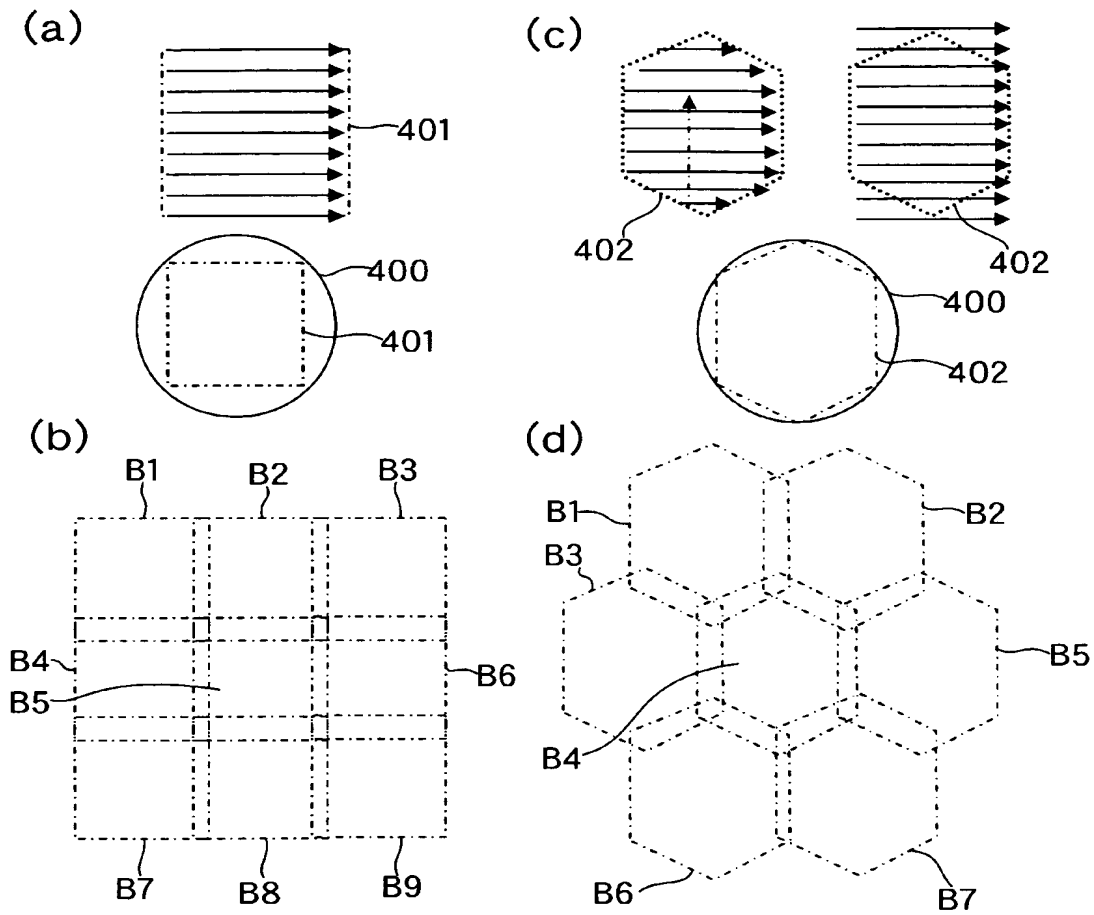
【図 6 4】



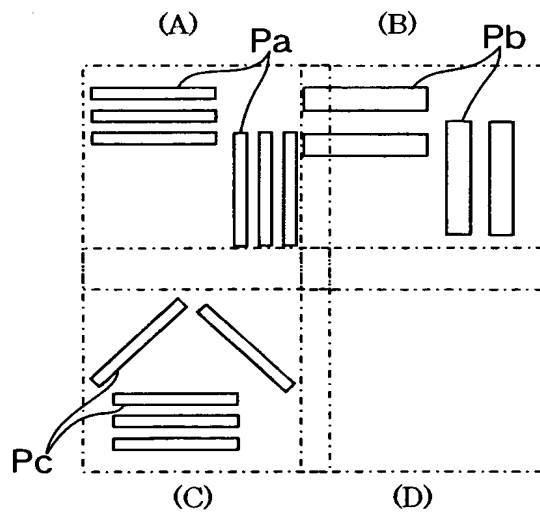
【図 65】



【図 6 6】

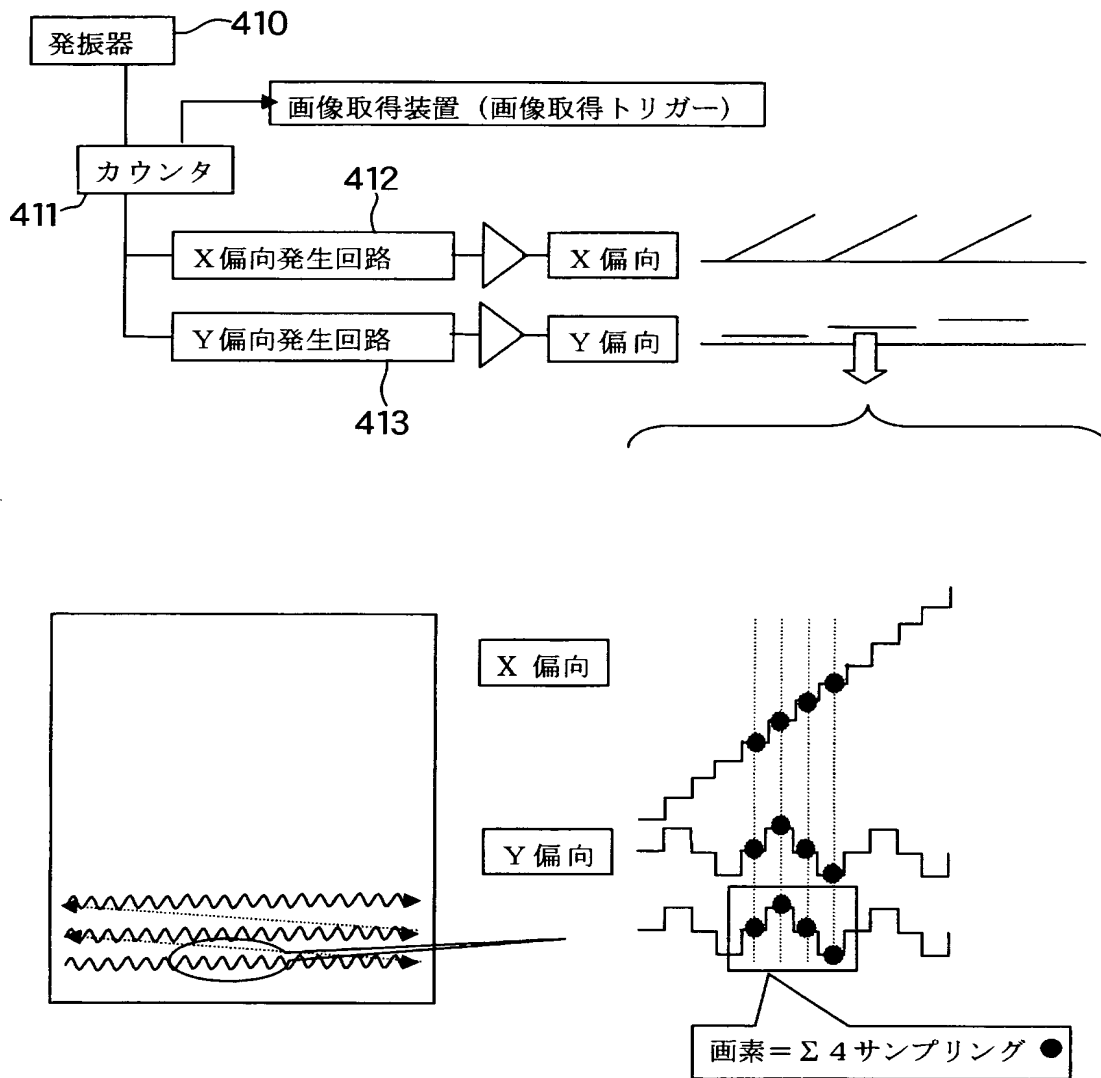


【図 6 7】



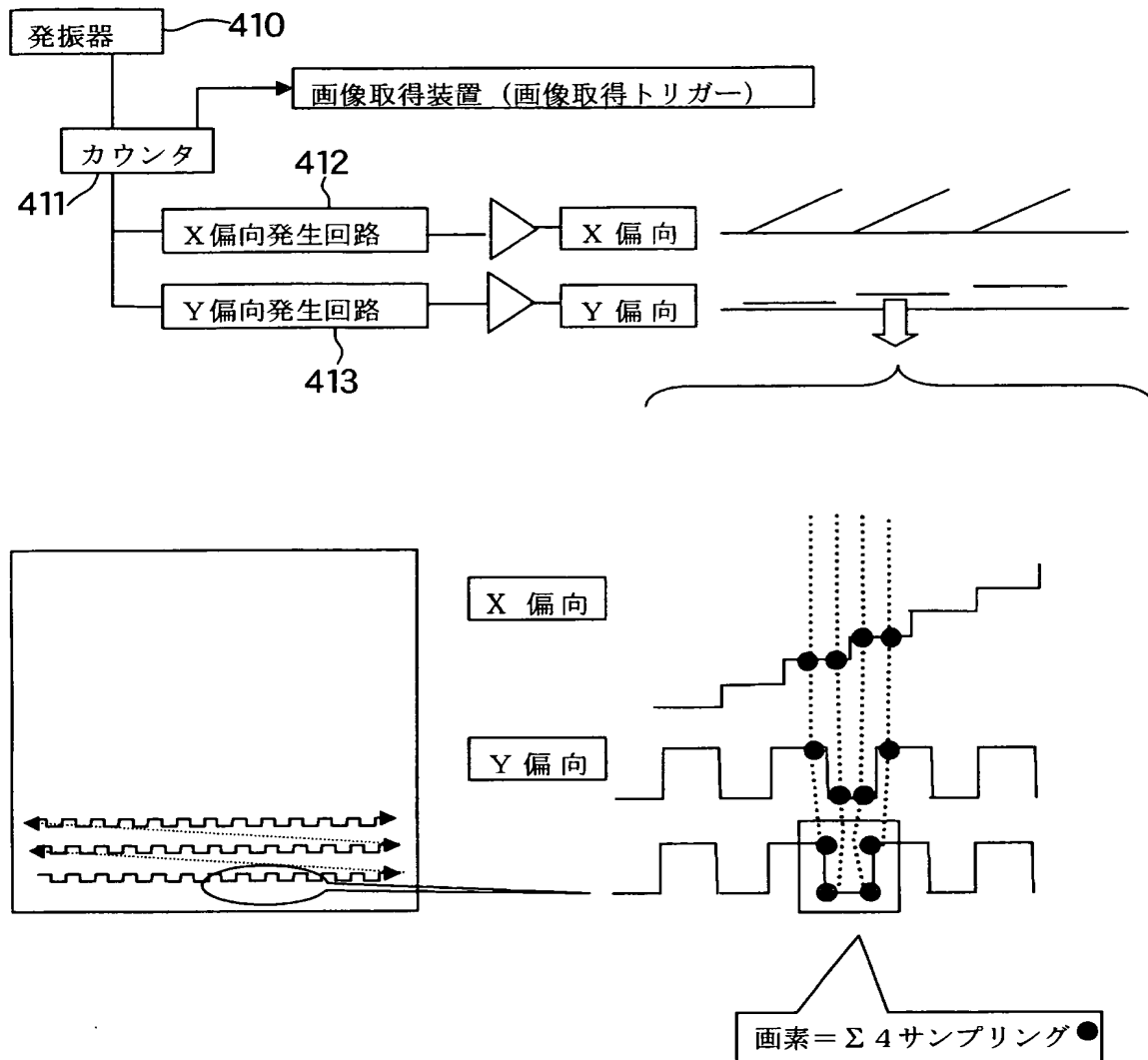
【図 68】

サイン波スキャン経路

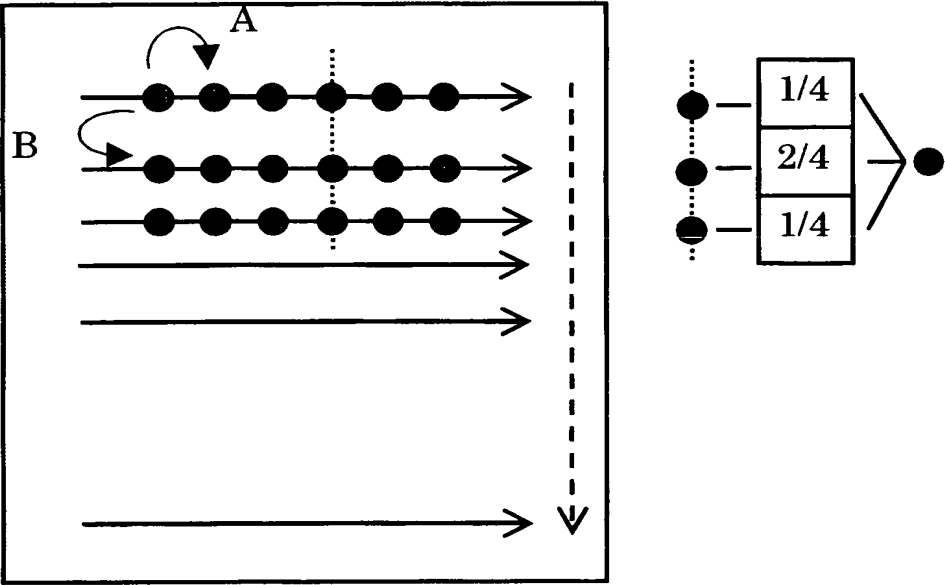


【図 6 9】

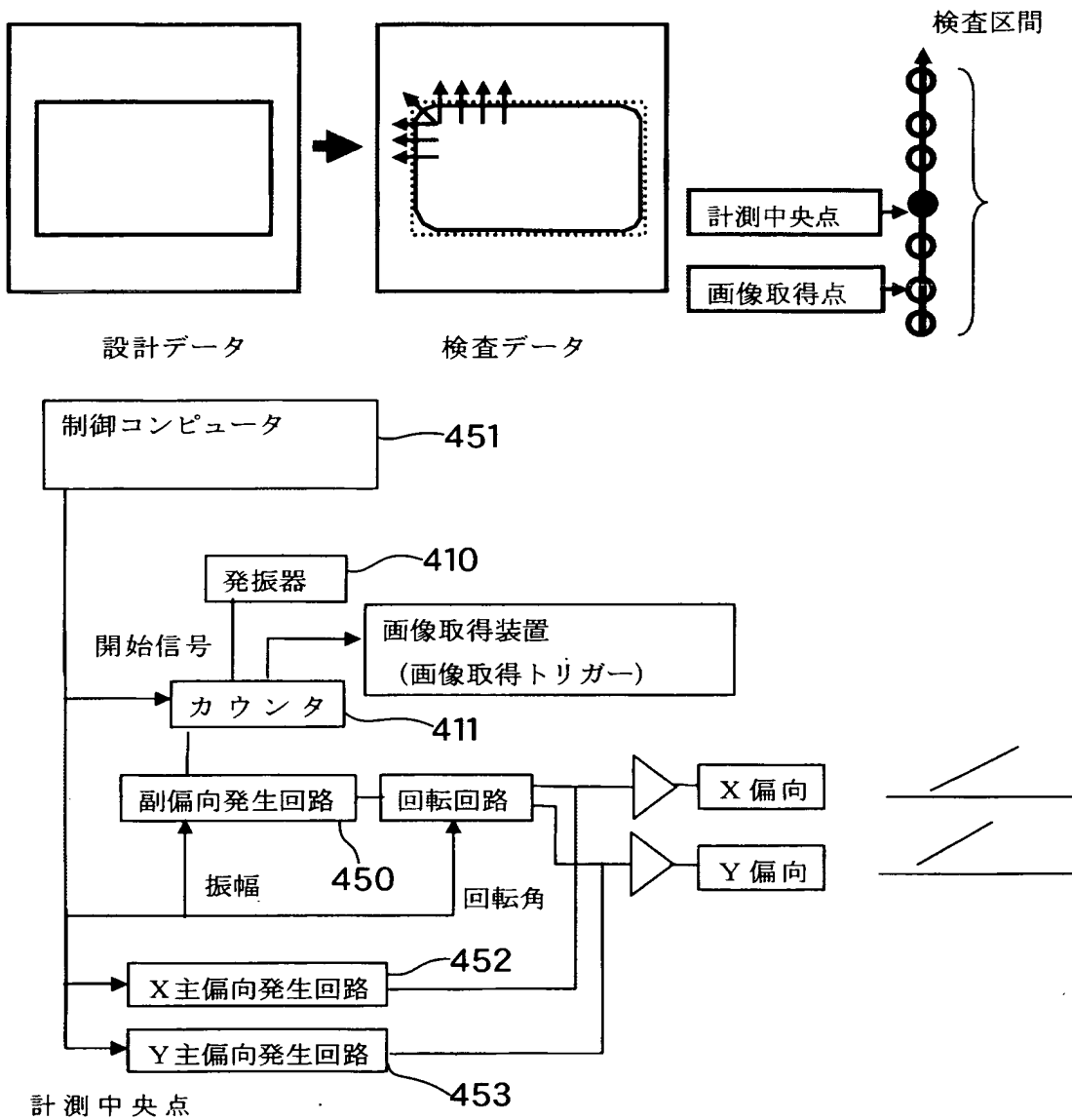
矩形波スキャン経路



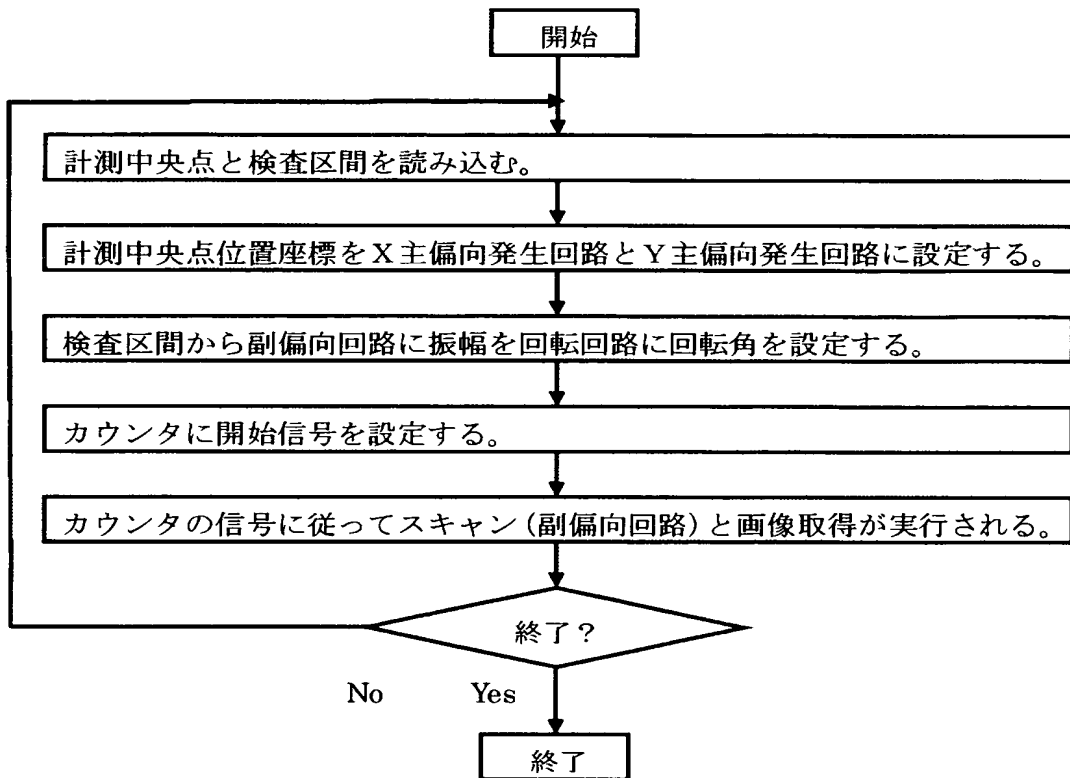
【図 70】



【図 7 1】

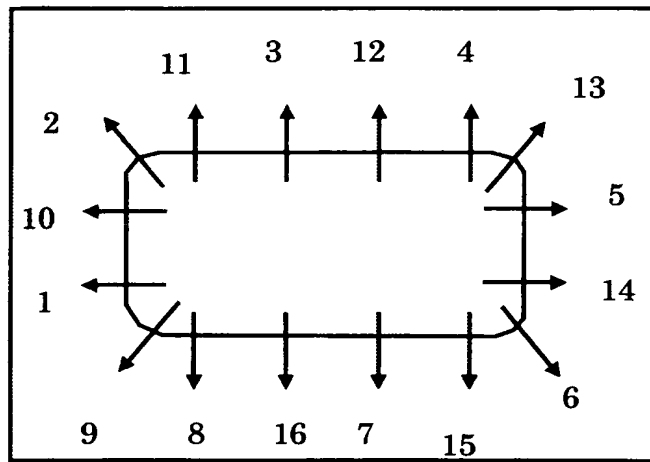


【図 7 2】



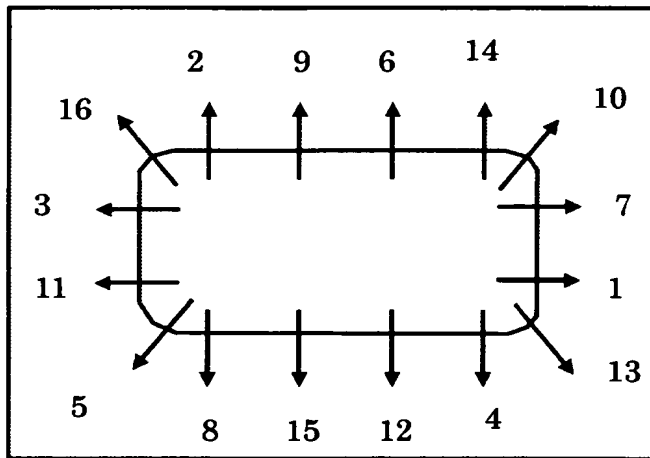
【図 73】

(a)



間引き 2

(b)



乱数

【書類名】 要約書

【課題】 基準パターンを活用して基準データをもとにして各種の計測条件を自動設定することができるパターン検査装置を提供する。

【解決手段】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、基準パターンを記憶する記憶手段 2 と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置 7 と、検査対象パターンの画像を入力する入力手段 4 と、入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する検査手段と、検査の結果を出力する出力手段 5, 6 とを備え、画像生成装置 7 は基準パターンに基づいて荷電粒子線の走査方向を設定する。

【選択図】 図 6 4

特願 2 0 0 2 - 3 0 7 4 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 1 4 9 0 4]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 3 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 1 号

氏 名

株式会社ナノジオメトリ研究所

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン検査装置および方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は前記基準パターンに基づいて前記荷電粒子線の走査方向を設定することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、検査すべきパターンのすべてに対してより垂直になるように決定することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、前記検査すべきパターンに対してより垂直になるように決定された方向に対して±90度の走査方向であることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、検査すべきパターンの最頻度の方向に対してより垂直になるように決定することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のパターン検査装置において、前記荷電粒子線の走査方向は、前記検査すべきパターンに対してより垂直になるように決定された方向に対して±90度の走査方向であることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 6】 荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置であって、前記荷電粒子線のある領域に走査して六角形の画像を生成し、次に隣接した領域に走査して次の六角形の画像を生成し、順次これを繰り返し広い領域の1つの画像を得ることを特徴とする画像生成装置。

【請求項 7】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は、前記荷電粒子線の走査方向に対して垂直方向の振幅を持たせることにより、より広い領域を走査することを特徴とする画像生成装置。

【請求項 8】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、荷電粒子線を検査対象パターンに走査して検査対象パターンの画像を得る画像生成装置と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備え、前記画像生成装置は、検査すべきパターン部分のみを走査しパターンの変形量を求めることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載のパターン検査装置において、前記画像生成装置は、検査すべきパターン部分のみを走査サンプルのチャージアップによるプロファイルの変形を低減することを特徴とするパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターン検査装置および方法に関し、より具体的には、例えば、設計データに従い作成された、半導体（LSI）や液晶パネルおよびそれらのマスク（レチクル）などの微細パターンを検査するためのパターン検査装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン検査、あるいはそのパターン形成用のマスクのパターン検査には、ダイ・ツー・ダイ(die to die)比較と呼ばれる方法を用いた光学式パターン検査装置が使われている。この検査方法は、検査対象のダイとその近接ダイの同じ位置から得られる画像どうしを比較することで欠陥を見つける方法である。

【0003】

一方、近接ダイの存在しないレチクルと呼ばれるマスクの検査には、ダイ・ツー・データベース(die to database)比較と呼ばれる方法が採用されている。すなわち、CADデータを画像フォーマットに変換して近接ダイの代わりとし、前述同様の検査をする方法が使われている。当該技術は、たとえば米国特許5563702号“Automated photomask inspection apparatus and method”に記載されている。ただし、この手法では、ウェーハに形成された実パターンのコーナーの丸み部分が欠陥として認識されてしまうので、その対策として、CADデータから得られた画像に丸みをもたせる前処理を行う方法などで回避している。このような状況でダイ・ツー・データベース比較検査を行うと、コーナーの不良と判断する必要のないパターン変形を欠陥として認識してしまい、これは上述の前処理を行ってもかなり発生する。逆に、コーナーのパターン変形を無視する設定にすると、コーナー以外に存在する微少欠陥を認識できないというジレンマがある。

【0004】

現在、マスクについては、CADデータに正確に一致する必要があるため、ダイ・ツー・データベース比較方式での検査が実用化されている。しかしながら、ウェーハに転写されたパターンは電気特性などが保証される範囲でパターン変形が許されており、実際に露光条件の違いなどからパターン変形がかなりの程度発生している。

【0005】

また、前述のダイ・ツー・ダイ比較方式のパターン検査方法では、システムティック欠陥とよばれる、マスク不良などを原因としてウェーハ上の全ダイにおいて共通に発生する欠陥は検出できない。すなわち、検査対象のダイ及びその比較